



VNIVERSITAT
E VALÈNCIA



Facultat de Ciències de l'Activitat Física i l'Esport

**EFFECTOS DE UN ENTRENAMIENTO DE
FUERZA CON MATERIAL ELÁSTICO
VERSUS MEDIO ACUÁTICO SOBRE LA
COMPOSICIÓN CORPORAL, EL HUESO,
EL RENDIMIENTO MOTOR Y EL
BIENESTAR EN MUJERES MAYORES**

TESIS DOCTORAL

PRESENTADA POR:

D. ÁLVARO JUESAS TORRES

DIRIGIDA POR:

DR. D. JUAN CARLOS COLADO SÁNCHEZ

VALENCIA, 2020



Universitat de València

Facultat de Ciències de la Activitat Física i l'Esport

Programa Doctorado: 3161 Actividad Física y Deporte



EFECTOS DE UN ENTRENAMIENTO DE FUERZA CON MATERIAL ELÁSTICO VERSUS MEDIO ACUÁTICO SOBRE LA COMPOSICIÓN CORPORAL, EL HUESO, EL RENDIMIENTO MOTOR Y EL BIENESTAR EN MUJERES MAYORES

PRESENTADA POR:

D. ÁLVARO JUESAS TORRES

DIRIGIDA POR:

DR. D. JUAN CARLOS COLADO SÁNCHEZ

VALENCIA, 2020

Dr. D. Juan Carlos Colado Sánchez, Profesor Titular de la Universitat de València, adscrito al *Departament de Educació Física i Esportiva* de la Universitat de València.

CERTIFICA:

Que el presente trabajo, titulado “**Efectos de un entrenamiento de fuerza con material elástico versus medio acuático sobre la composición corporal, el hueso, el rendimiento motor y el bienestar en mujeres mayores**” ha sido realizado bajo su dirección en el *Departament d’ Educació Física i Esportiva de la Universitat de València* para optar al grado de Doctor. Habiéndose concluido, y reunido a su juicio las condiciones de originalidad y rigor científico necesarias, autoriza su presentación a fin de que pueda ser defendido ante el tribunal correspondiente.

Y para que así conste, expide y firma la presente certificación en Valencia, a 2 de octubre de 2020.



Fdo: Juan Carlos Colado Sánchez

*“El genio se hace con un 1% de talento
y un 99% de trabajo”.*

Albert Einstein (1879 – 1955)

Agradecimientos

A través de estas líneas, quisiera agradecer a las instituciones involucradas en el desarrollo de este trabajo, así como a las personas desinteresadas que me han acompañado durante todo el proceso, ya que este estudio no hubiera sido posible sin su apoyo, consejo y participación.

En primer lugar, al Dr. Juan Carlos Colado Sánchez, por darme la oportunidad de participar en este proyecto, por creer en mí desde el principio, y por otorgarme la motivación, participación y tutoría, siendo estas la piedra angular para la culminación de esta investigación. En general por ser hoy y siempre, una referencia de la persona, profesor y científico que algún día me gustaría ser.

Al ayuntamiento de Valencia, haciendo mención especial al jefe de sección de las personas mayores, D. Jesús Rafael López y a la coordinadora Dña. Mari Paz, por su gran implicación y esfuerzo para sacar adelante un proyecto que tan bien les ha hecho a muchas personas mayores.

A la Universidad de Valencia y a su personal de gestión, secretaría y conserjería por facilitar el trabajo con su buen hacer.

A los verdaderos protagonistas de este trabajo que han sido las personas mayores, suponiendo una gran inspiración y haciendo amena y agradable nuestra labor.

Al Dr. Víctor Tella Muñoz, por su participación, su ayuda desinteresada, y compartir su sabiduría generando motivación y confianza en la conducción y orientación de este trabajo.

A mi compañera Nicole Fritz Silva, quien me acompañó durante el estudio piloto, ayudándome durante la intervención, además de haber sido un gran ejemplo por su esfuerzo y su entrega.

A mi compañero Víctor Muñoz Cutillas, por su imprescindible labor tanto en el trabajo de campo, como en el de laboratorio. Sin ti, ninguno habiéramos llegado hasta aquí.

A mi compañero Pedro Gargallo Bayo, fiel escudero y compañero infatigable en esta batalla que ha durado 5 años. Por el esfuerzo, tesón y entereza que siempre me ha transmitido, compartiendo esta dicha en ocasiones, y cruz casi siempre, sin anunciarlo, sin vacilar y sin considerar siquiera otra opción.

A mi familia, y muy especialmente a mis padres, por darme la vida, la fe cristiana y la educación. Por haber luchado por mí en cada duelo que la vida ha forzado en mi camino, haber privado sus fuerzas, su tiempo y su descanso en pos de darme a mí un futuro, y en general por haberme enseñado a través de su ejemplo, el valor del trabajo duro, la humildad y la calidad humana.

A mi segunda familia, por su paciencia, su saber estar y su ayuda incondicional, por su cariño y comprensión, y por aportar su grano de arena de manera invisible durante todo el tiempo que estuve trabajando en la tesis.

A mi mujer, Cristina Cortés, por su amor ciego, por haberme apoyado en cada salto... así fuera al vacío. Por inspirarme y motivarme, por empujarme cuando las fuerzas no me daban más de sí. Por haber hecho de mi cruzada su objetivo, de mi despacho un fortín, por haber sido mis alas cuando besaba el suelo, y mi pluma cuando las ideas me abandonaban. Porque fueron muchos los días y las noches que tuvo que cuidar sola de la

casa y de nuestra hija. Sin lugar a la menor duda, desde la sombra ha sido la estabilidad, el estímulo y el soporte para lograr cerrar esta tesis.

A mi hija Cristina, por cambiarle el ritmo a la música de mi día a día, por romper en un segundo la escala de prioridades que eran ley en mi corazón, y en general, por poner patas arriba mi vida. Contigo, terminar este proyecto ha sido sin duda, más interesante y divertido.

Publicaciones y divulgación científica de la presente Tesis Doctoral

A continuación se presentan los artículos, comunicaciones y pósters publicados en congresos y revistas científicas.

Artículos

1.- Título: Concurrent validation of the OMNI-Resistance exercise scale of perceived exertion with elastic bands in the elderly.

Nombre de la revista: Experimental Gerontology.

Fecha de publicación: 2018

Autores: Juan C. Colado, Felipa M. Pedrosa, **Álvaro Juesas**, Pedro Gargallo, Juan J. Carrasco, Jorge Flandez, Matheus U. Chupel, Ana M. Teixeira, Fernando Naclerio.

2.- Título: The effect of moderate- versus high-intensity resistance training on systemic redox state and DNA damage in healthy older women.

Nombre de la revista: Biological Research for Nursing.

Fecha de publicación: 2018

Autores: Pedro Gargallo, Juan C. Colado, **Álvaro Juesas**, Amaya Hernando-Espinilla, Nuria Estañ-Capell, Lidia Monzó-Beltran, Paula García-Pérez, Omar Cauli, and Guillermo T. Sáez.

Artículos de estudios previos que sustentan la presente tesis

1.- Título: Positive effects of a short-term intense elastic resistance training program on body composition and physical functioning in overweight older women.

Nombre de la revista: Biological Research for Nursing.

Fecha de publicación: 2018

Autores: Nicole B. Fritz, **Álvaro Juesas**, Pedro Gargallo, Joaquín Calatayud, Julio Fernández-Garrido, Michael E. Rogers, Juan C. Colado.

Posters y comunicaciones presentados a congresos:

1.- Título: Short-term effects of strength training with elastic bands at different levels of intensity on body composition, motor function and wellness in older adult.

Nombre del congreso: VI Congreso Internacional de Ciencias del Deporte.

Tipo de participación: Póster

Ciudad de realización: Santiago, Chile

Fecha de realización: 2015

Autores: Nicole B. Fritz, Juan C. Colado, **Álvaro Juesas**, Pedro Gargallo, Víctor Muñoz.

2.- Título: Effects of a resistance training program on functional performance, oxidative stress and cardiovascular risk factors in healthy older adults.

Nombre del congreso: Oxygen Club of California World Congress 2015 Oxidants and Antioxidants in Biology.

Tipo de participación: Póster

Ciudad de realización: Valencia, España

Fecha de realización: 2015

Autores: Mar Ronda, Juan C. Colado, Amaya Hernández, Pedro Gargallo, Antonio Iradi, Víctor Muñoz, Nuria Estany, **Álvaro Juesas**, M. Carmen Muñoz, Lidia Monzó, Sergio Rivera, Guillermo Sáez.

3.- Título: Effects of resistance training with elastic bands at different levels of intensity on the immune system of older adults.

Nombre del congreso: 21st Annual Congress of the European College of Sport Science.

Tipo de participación: Póster

Ciudad de realización: Vienna, Austria

Fecha de realización: 2016

Autores: Víctor Muñoz, Pedro Gargallo, **Álvaro Juesas**, Guillermo Sáez, Nuria Estany, Juan C. Colado.

4.- Título: Adaptations in muscle mass and motor function during resistance training with elastic bands at different intensities in older adults.

Nombre del congreso: 21st Annual Congress of the European College of Sport Science.

Tipo de participación: Póster

Ciudad de realización: Vienna, Austria

Fecha de realización: 2016

Autores: Pedro Gargallo, Víctor Muñoz, **Álvaro Juesas**, Guillermo Sáez, Amaya Hernando, Antonio Iradi, Juan C. Colado.

5.- Título: Effects of multicomponent and power training programs using elastic devices on motor function, body composition, and metabolic, bone and inflammatory profile in older adults.

Nombre de la revista: Journal of Performance Health Research.

Tipo de participación: Póster

Fecha de realización: 2018

Autores: Juan C. Colado, Pedro Gargallo, **Álvaro Juesas**, Sara Torkamanech, Eva Tamayo, José Francisco Guzmán, Julio Fernández-Garrido, Guillermo Sáez

6.- Título: Multicomponent, power, and resistance training with elastic resistance: Effects on physical function in older women.

Nombre del congreso: ACSM's 66th Annual Meeting.

Tipo de participación: Póster

Ciudad de realización: Orlando, Florida USA

Fecha de realización: 2019

Autores: Michael E. Rogers, Pedro Gargallo, **Álvaro Juesas**, Eva Tamayo, Sara Torkamanech, José Francisco Guzmán, Julio Fernández-Garrido, Guillermo Sáez, Nicole L. Rogers, Juan C. Colado.

7.- Título: Comparison effects of Multi-component, Power and Traditional resistance training with elastic bands on strength in older men.

Nombre del congreso: V Congreso Internacional en Optimización del Entrenamiento y Readaptación Físico-Deportiva

Tipo de participación: Póster

Ciudad de realización: Sevilla, España (Online)

Fecha de realización: 2020

Autores: Pedro Gargallo, Guillermo Sáez, **Álvaro Juesas**, Jorge Flández, Juan C. Colado.

8.- Título: Differential effects of Multi-component, Power and Traditional resistance training on balance and gait speed in older men.

Nombre del congreso: V Congreso Internacional en Optimización del Entrenamiento y Readaptación Físico-Deportiva

Tipo de participación: Póster

Ciudad de realización: Sevilla, España (Online)

Fecha de realización: 2020

Autores: Pedro Gargallo, Guillermo Sáez, Julio Fernández, **Álvaro Jueas**, Juan C. Colado.

9.- Título: Improvement of muscle quality in older women with different exercise interventions.

Nombre del congreso: 6º Congreso internacional de readaptación y prevención de lesiones en la actividad física y el deporte y 4º Congreso internacional de salud y ejercicio físico.

Tipo de participación: Póster

Ciudad de realización: Valencia, España

Fecha de realización: 2020

Autores: Pedro Gargallo, **Álvaro Jueas**, Jorge Flández, Jose Casaña, Guillermo Sáez, Juan C. Colado.

10.- Título: Which training modalities are most effective for improving gait speed and balance in older women. A 5-month randomized controlled trial.

Nombre del congreso: 6º Congreso internacional de readaptación y prevención de lesiones en la actividad física y el deporte y 4º Congreso internacional de salud y ejercicio físico.

Tipo de participación: Póster

Ciudad de realización: Valencia, España

Fecha de realización: 2020

Autores: Pedro Gargallo, **Álvaro Juesas**, Jorge Flández, Jose Casaña, Guillermo Sáez, Juan C. Colado.

11.- Título: Effects of multi-component, power and traditional resistance training on cardiovascular risk in older men.

Nombre del congreso: II Congreso internacional sobre prescripción y programación de deporte y de ejercicio en la enfermedad crónica.

Tipo de participación: Póster

Ciudad de realización: Murcia, España

Fecha de realización: 2020

Autores: Pedro Gargallo, **Álvaro Juesas**, Guillermo Sáez, José Francisco Guzmán, Jorge Flández, Juan C. Colado.

Resumen

El ejercicio físico en general y el entrenamiento de la fuerza en particular es una estrategia eficaz para prevenir y/o revertir determinadas alteraciones fisiológicas, cognitivas, emocionales y del rendimiento motor de las personas mayores. Para poder entrenar la fuerza, además del propio peso corporal, existen diversos materiales tradicionales como por ejemplo los pesos libres o las máquinas. Estos dispositivos, a pesar de ser efectivos, muchas veces resultan costosos, de difícil acceso o incómodos para las personas mayores. Por este motivo, es importante buscar alternativas a estos dispositivos utilizando otros más novedosos, económicos y accesibles como por ejemplo son los materiales de resistencia variable en su forma de elástico o en el medio acuático.

Pese a que ya se han realizado estudios que demuestran que el entrenamiento de la fuerza con materiales elásticos o en el medio acuático pueden ser igual de efectivos que otros dispositivos más tradicionales, no existen suficientes evidencias científicas que hayan analizado las posibles diferencias entre ellos en cuanto a los efectos que se pueden lograr con su utilización, aplicados a una población de adultos mayores. De esta manera, el presente estudio trata de comparar la eficacia de un entrenamiento de fuerza utilizando materiales elásticos versus el medio acuático sobre la composición corporal, el hueso, el rendimiento motor y el bienestar físico, psicológico y social, en una población de mujeres mayores sedentarias.

Para ello, se llevó a cabo un ensayo clínico aleatorizado durante 32 semanas con una muestra compuesta por 84 mujeres mayores sedentarias, divididas en tres grupos. El primer grupo entrenó con tubos elásticos (GT) (n=27); el segundo grupo realizó un entrenamiento equivalente en el medio acuático (GA) (n=26); y el tercer grupo (GC) correspondió al grupo de seguimiento o control que no realizaba ningún tipo de actividad física habitual en su estilo de vida del tipo sedentario (n=31). Los dos grupos

experimentales realizaron un entrenamiento de la fuerza, con una frecuencia de 2 sesiones por semana, y en las que realizaron 6 ejercicios enfocados a desarrollar la fuerza de las extremidades y del tronco a una intensidad moderada-alta. Las variables estudiadas en esta investigación fueron la composición corporal (porcentaje de grasa total), el hueso (CMO, DMO, y T-Score de la cadera y la columna), el rendimiento motor (resistencia muscular, fuerza isométrica, fuerza isocinética, agilidad, equilibrio dinámico y estático, y resistencia aeróbica), y el bienestar físico, psicológico y social (función física, rol físico, dolor corporal, salud general, vitalidad, función social, rol emocional, y salud mental). Para su análisis estadístico, se utilizó el programa SPSS 22. Inicialmente se comprobó la asunción de la normalidad y homogeneidad de las variables dependientes con las pruebas Kolmogorov-Smirnov y Levene, respectivamente. Posteriormente se utilizó un análisis de la varianza unidireccional (ANOVA) de medidas repetidas para determinar los efectos del protocolo de entrenamiento en el tiempo (basal y 32 semanas) y por grupo (control; elásticos; medio acuático) sobre las variables dependientes analizadas de composición corporal, hueso, y rendimiento motor. Cuando se encontraron diferencias significativas se aplicó una prueba post hoc de Bonferroni para determinar entre qué grupos se dieron dichas diferencias. Se realizó, además, una prueba T para muestras relacionadas para detectar una posible diferencia a lo largo del tiempo para cada grupo. Con el fin de determinar los efectos del protocolo de entrenamiento sobre las variables dependientes no paramétricas del bienestar físico psicológico y social, se aplicó la prueba de U de Mann-Whitney para comprobar las posibles diferencias entre grupos y la prueba de Wilcoxon para analizar las posibles diferencias en el tiempo. Para cuantificar la magnitud de la diferencia a lo largo del tiempo para cada grupo y también entre grupos se calculó el tamaño del efecto. Además, para destacar la existencia de posible relevancia clínica de los hallazgos se calculó la mínima relevancia clínica (MRC) de cada variable y se

determinaron aquellas que alcanzaron las magnitudes mínimas positivas. Para la totalidad de los análisis realizados se aceptó un nivel de confianza del 95% (significación de $p \leq 0.05$).

Tras la intervención, ninguno de los grupos redujo significativamente su índice de grasa corporal. Solo el GA obtuvo mejoras estadísticamente significativas en las variables DMO (+6.9%) y T-Score (-18.6%) del triángulo de Ward, y CMO (+5.1%), DMO (+1.4%) y T-Score (-12%) del total de la cadera. Con referencia a las miembros superiores, tanto el GT como el GA obtuvieron mejoras significativas, tanto a nivel intra-grupos como con respecto al GC, pero no entre grupos experimentales, en la fuerza resistencia (GT = +74.7%; GA = +71.8%) y fuerza isométrica (GT = +68.3%; GA = +78.1%), mientras que sólo el GA obtuvo mejoras significativas en la fuerza isocinética (+29.2% a 180°/s y +39.7% a 60°/s). Con referencia a las miembros inferiores, los dos grupos obtuvieron mejoras estadísticamente significativas en la fuerza resistencia (GT = +110.2%; GA = +95.7%), fuerza isométrica (GT = +103.1%; GA = +93.2%) y fuerza isocinética (GT = +17.1% a 180°/s y +12.2% a 60°/s ; GA = +24.3% a 180°/s y +21.4% a 60°/s), existiendo diferencias significativas entre ambos grupos y el GC, pero no entre ellos a excepción de en la fuerza resistencia de las piernas ($p = 0.018$). Los dos grupos experimentales obtuvieron mejoras significativas en las cuatro pruebas de equilibrio estático (ROA: GT = -34% y GA = -48.1%; ROC: GT = -44.1% y GA = -52.8%; RGA: GT = -50.7% y GA = -45.8%; RGC: GT = -53.7% y GA = -47.2%), en la agilidad y equilibrio dinámico (GT = -27%; GA = -24.6%), y en la resistencia (GT = +14.2%; GA = +11.7%), sin embargo, pese a que existieron diferencias significativas con respecto al GC, no existieron entre ellos. Finalmente, y pese a que no existieron diferencias significativas entre los grupos experimentales, solo el GA mejoró significativamente en todas las variables del bienestar, tanto en las que se engloban en la salud física (SG =

+25.7%; FF = +22.1%; RF = +41.5%; DC = +41.7%), como en las que pertenecen a la salud mental (RE = +47.5%; FS = +13.2%; VT = +30.5%; SM = +16.2%), e incluyendo la autoevaluación anual (+78.1%), mientras que el GT solo mejoró significativamente en las variables que corresponden a la salud física (SG = +23.1%; FF = +10.3%; RF = +13%; DC = +20.9%) y la autoevaluación anual (+33.4%).

Así pues, el presente estudio de investigación permite corroborar que el entrenamiento de la fuerza aplicado tanto con materiales elásticos como realizado en el medio acuático resulta un buen recurso para mejorar la composición corporal, el rendimiento motor y el bienestar en mujeres mayores. A su vez, permite sugerir que un entrenamiento de la fuerza en el medio acuático con un control estricto a nivel metodológico y enfocado a la potencia, podría resultar una estrategia más eficaz para aumentar la fuerza isocinética de las extremidades y para mejorar o mantener la salud ósea en este colectivo. Sin embargo, aún es necesario desarrollar estudios con mayor duración para poder confirmar definitivamente los hallazgos inéditos obtenidos en el presente estudio.

Palabras clave: resistencia variable, adultos mayores, percepción del esfuerzo.

Resum

L'exercici físic en general i l'entrenament de la força en particular és una estratègia eficaç per a previndre i/o revertir determinades alteracions fisiològiques, cognitives, emocionals i del rendiment motor de les persones majors. Per a poder entrenar la força, a més del propi pes corporal, existeixen diversos materials tradicionals com per exemple els pesos lliures o les màquines. Aquests dispositius, malgrat ser efectius, moltes vegades resulten costosos, de difícil accés o incòmodes per a les persones majors. Per aquest motiu, és important buscar alternatives a aquests dispositius utilitzant uns altres més nous, econòmics i accessibles com per exemple els materials de resistència variable en la seua forma d'elàstic o en el medi aquàtic.

Malgrat que ja s'han realitzat estudis que demostren que l'entrenament de la força amb materials elàstics o en el medi aquàtic poden ser igual d'efectius que altres dispositius més tradicionals, no existeixen suficients evidències científiques que hagen analitzat les possibles diferències entre ells quant als efectes que es poden aconseguir amb la seua utilització, aplicats a una població d'adults majors. D'aquesta manera, el present estudi tracta de comparar l'eficàcia d'un entrenament de força utilitzant materials elàstics versus el medi aquàtic sobre la composició corporal, l'os, el rendiment motor i el benestar físic, psicològic i social, en una població de dones majors sedentàries.

Per a això, es va dur a terme un assaig clínic aleatoritzat durant 32 setmanes amb una mostra composta per 84 dones majors sedentàries, dividides en tres grups. El primer grup va entrenar amb tubs elàstics (GT) (n=27); el segon grup va realitzar un entrenament equivalent en el medi aquàtic (GA) (n=26); i el tercer grup (GC) va correspondre al grup de seguiment o control que no realitzava cap mena d'activitat física habitual en el seu estil de vida del tipus sedentari (n=31). Els dos grups experimentals van realitzar un entrenament de la força, amb una freqüència de 2 sessions per setmana, i en les quals van

realitzar 6 exercicis enfocats a desenvolupar la força de les extremitats i del tronc a una intensitat moderada-alta. Les variables estudiades en aquesta investigació van ser la composició corporal (percentatge de greix total), l'os (CMO, DMO, i T-Score del maluc i la columna), el rendiment motor (resistència muscular, força isomètrica, força isocinètica, agilitat, equilibri dinàmic i estàtic, i resistència aeròbica), i el benestar físic, psicològic i social (funció física, rol físic, dolor corporal, salut general, vitalitat, funció social, rol emocional, i salut mental). Per a la seua anàlisi estadística, es va utilitzar el programa SPSS 22. Inicialment es va comprovar l'assumpció de la normalitat i homogeneïtat de les variables dependents amb les proves Kolmogorov-Smirnov i Levene, respectivament. Posteriorment es va utilitzar una anàlisi de la variància unidireccional (ANOVA) de mesures repetides per a determinar els efectes del protocol d'entrenament en el temps (basal i 32 setmanes) i per grup (control; elàstics; medi aquàtic) sobre les variables dependents analitzades de composició corporal, os, i rendiment motor. Quan es van trobar diferències significatives es va aplicar una prova post hoc de Bonferroni per a determinar entre quins grups es van donar aquestes diferències. Es va realitzar, a més, una prova T per a mostres relacionades per a detectar una possible diferència al llarg del temps per a cada grup. Amb la finalitat de determinar els efectes del protocol d'entrenament sobre les variables dependents no paramètriques del benestar físic psicològic i social, es va aplicar la prova d'U de Mann-Whitney per a comprovar les possibles diferències entre grups i la prova de Wilcoxon per a analitzar les possibles diferències en el temps. Per a quantificar la magnitud de la diferència al llarg del temps per a cada grup i també entre grups es va calcular la grandària de l'efecte. A més, per a destacar l'existència de possible rellevància clínica de les troballes es va calcular la mínima rellevància clínica (MRC) de cada variable i es van determinar aquelles que van aconseguir les magnituds mínimes

positives. Per a la totalitat de les anàlisis realitzades es va acceptar un nivell de confiança del 95% (significació de $p \leq 0.05$).

Després de la intervenció, cap dels grups va reduir significativament el seu índex de greix corporal. Només el GA va obtenir millores estadísticament significatives en les variables DMO (+6.9%) i T-Score (-18.6%) del triangle de Ward, i CMO (+5.1%), DMO (+1.4%) i T-Score (-12%) del total del maluc. Amb referència a les membres superiors, tant el GT com el GA van obtenir millores significatives, tant a nivell intra-grups com respecte al GC, però no entre grups experimentals, en la força resistència (GT = +74.7%; GA = +71.8%) i força isomètrica (GT = +68.3%; GA = +78.1%), mentre que només el GA va obtenir millores significatives en la força isocinètica (+29.2% a 180°/s i +39.7% a 60°/s). Amb referència a les membres inferiors, els dos grups van obtenir millores estadísticament significatives en la força resistència (GT = +110.2%; GA = +95.7%), força isomètrica (GT = +103.1%; GA = +93.2%) i força isocinètica (GT = +17.1% a 180°/s i +12.2% a 60°/s; GA = +24.3% a 180°/s i +21.4% a 60°/s), existint diferències significatives entre tots dos grups i el GC, però no entre ells a excepció d'en la força resistència de les cames ($p = 0.018$). Els dos grups experimentals van obtenir millores significatives en les quatre proves d'equilibri estàtic (ROA: GT = -34% i GA = -48.1%; ROC: GT = -44.1% i GA = -52.8%; RGA: GT = -50.7% i GA = -45.8%; RGC: GT = -53.7% i GA = -47.2%), en l'agilitat i equilibri dinàmic (GT = -27%; GA = -24.6%), i en la resistència (GT = +14.2%; GA = +11.7%), no obstant això, malgrat que van existir diferències significatives respecte al GC, no van existir entre ells. Finalment, i malgrat que no van existir diferències significatives entre els grups experimentals, només el GA va millorar significativament en totes les variables del benestar, tant en les quals s'engloben en la salut física (SG = +25.7%; FF = +22.1%; RF = +41.5%; DC = +41.7%), com en les que pertanyen a la salut mental (RE = +47.5%; FS = +13.2%; VT = +30.5%;

SM = +16.2%), i incloent l'autoavaluació anual (+78.1%), mentre que el GT només va millorar significativament en les variables que corresponen a la salut física (SG = +23.1%; FF = +10.3%; RF = +13%; DC = +20.9%) i l'autoavaluació anual (+33.4%).

Així doncs, el present estudi d'investigació permet corroborar que l'entrenament de la força aplicat tant amb materials elàstics com realitzat en el medi aquàtic resulta un bon recurs per a millorar la composició corporal, el rendiment motor i el benestar en dones majors. Alhora, permet suggerir que un entrenament de la força en el medi aquàtic amb un control estricte a nivell metodològic i enfocat a la potència, podria resultar una estratègia més eficaç per a augmentar la força isocinètica de les extremitats i per a millorar o mantindre la salut òssia en aquest col·lectiu. No obstant això, encara és necessari desenvolupar estudis amb major duració per a poder confirmar definitivament les troballes inèdites obtingudes en el present estudi.

Paraules clau: resistència variable, adults majors, percepció de l'esforç.

Abstract

Physical exercise in general and, especially, strength training represent an effective strategy to prevent and/or reverse certain physiological, cognitive, emotional and motor performance alterations in old people. In order to train strength, beside the body weight, there are various traditional materials such as free weights or machines. Although these means are effective, however are often expensive, difficult to access, or uncomfortable for old people. For this reason, it is important to seek for alternatives to these materials using others, innovative, inexpensive and accessible, such as variable resistance materials in their elastic form or in the aquatic environment.

Even though studies have already been carried out demonstrating that strength training with elastic materials or in the aquatic environment are as effective as other more traditional devices, there are not enough scientific research focused on the possible differences between them, in terms of the effects that can be achieved with their use, applied to a population of older adults. In this way, the present study tries to compare the effectiveness of strength training using elastic materials versus the aquatic environment on body composition, bone, motor performance and physical, psychological and social well-being, in a population of sedentary older women.

To this aim, a 32 weeks randomized clinical assay based on a sample composed of 84 sedentary elderly women and divided into three groups was carried out. The first group trained with elastic tubes (GT) (n = 27); the second group carried out equivalent training in the aquatic environment (GA) (n = 26); the third group (CG) was the reference (or control) group that did not perform any type of habitual physical activity in their sedentary lifestyle (n = 31). The two experimental groups performed strength training, with a frequency of 2 sessions per week, in which they performed 6 exercises focused on the development of strength in the extremities and trunk at a moderate-high intensity. The

variables studied in this research were body composition (percentage of total fat), bone (CMO, BMD, and T-Score of the hip and spine), motor performance (muscular endurance, isometric strength, isokinetic strength, agility, dynamic and static balance, and aerobic endurance), and physical, psychological and social well-being (physical function, physical role, bodily pain, general health, vitality, social function, emotional role, and mental health). In order to perform the statistical analysis, the SPSS 22 program was used. First, the assumption of normality and homogeneity of the dependent variables was verified with the Kolmogorov-Smirnov and Levene tests, respectively. After that, an unidirectional analysis of variance (ANOVA) of repeated measures was considered to determine the effects of the training protocol in time (baseline and 32 weeks) and by group (control; elastic; aquatic environment) on the dependent variables analysed for composition. body, bone, and motor performance. Once significant differences were detected, a Bonferroni post-hoc test was applied to determine between which groups such differences occurred. Furthermore, a T-test was performed for related samples in order to detect a possible difference over time for each group. With the purpose of determining the effects of the training protocol on the non-parametric dependent variables of physical, psychological and social well-being, the Mann-Whitney U-test was performed to check the possible differences between groups and the Wilcoxon test to analyse the possible differences in the weather. To quantify the magnitude of the difference over time for each group and also between groups, the effect size was calculated. Furthermore, to highlight the existence of possible clinical relevance of the results, the minimum clinical relevance (MRC) of each variable was calculated and those that reached the minimum positive magnitudes were determined. For all the analyses carried out, a confidence level of 95% was accepted (significance of $p \leq 0.05$).

After the intervention, no group reduced significantly their body fat index. Only the GA obtained statistically significant improvements in the variables DMO (+6.9%) and T-Score (-18.6%) of Ward's triangle, and CMO (+5.1%), DMO (+1.4%) and T-Score (-12%) of the total hip. Respect to the upper limbs, both the GT and the GA obtained significant improvements, both at the intra-group level and with respect to the CG, but not between experimental groups, in resistance strength (GT = +74.7%; GA = +71.8 %) and isometric force (GT = +68.3%; GA = +78.1%), while only GA obtained significant improvements in isokinetic force (+29.2% at 180° / s and +39.7% at 60° / s). Respect to the lower limbs, the two groups obtained statistically significant improvements in endurance strength (GT = +110.2%; GA = +95.7%), isometric strength (GT = +103.1%; GA = +93.2%) and isokinetic strength (GT = +17.1% at 180° / s and +12.2% at 60° / s; GA = +24.3% at 180° / s and +21.4% at 60° / s), with considerable differences between both groups and the CG, but not among them with the exception of leg resistance strength ($p = 0.018$). The two experimental groups obtained significant improvements in the four static equilibrium tests (ROA: GT = -34% and GA = -48.1%; ROC: GT = -44.1% and GA = -52.8%; RGA: GT = -50.7% and GA = -45.8%; RGC: GT = -53.7% and GA = -47.2%), in agility and dynamic balance (GT = -27%; GA = -24.6%), and in endurance (GT = +14.2%; GA = +11.7%). However, despite the significant differences related to CG, there was no difference between them. Finally, and despite the fact that there were no significant differences between the experimental groups, only the GA significantly improved in all the well-being variables, both in those that are included in physical health (SG = +25.7%; FF = +22.1%; RF = +41.5%; DC = +41.7%), as in those pertaining to mental health (RE = +47.5%; FS = +13.2%; VT = + 30.5%; SM = +16.2%), and including the annual self-evaluation (+78.1%), while the GT only improved significantly in the

variables that correspond to physical health (SG = +23.1%; FF = +10.3%; RF = +13%; DC = +20.9%) and the annual self-evaluation (+33.4%).

In conclusion, the present study demonstrates that strength training, with elastic materials and carried out in the aquatic environment, is a good resource to improve body composition, motor performance and well-being in older women. At the same time, it advances that a strength training in the aquatic environment with a rigid control at a methodological level and focused on power, could be a more effective strategy to increase the isokinetic strength of the extremities, and to improve or maintain health bone in this group. However, longer studies are needed to be able to definitively confirm the unpublished results obtained in the present study.

Keywords: variable resistance, elderly people, perception of effort.

Índice de contenidos

1. Introducción.....	1
2. Marco teórico.....	7
2.1. El envejecimiento	9
2.2. Aspectos demográficos	9
2.3. Efectos del envejecimiento	10
2.3.1. Efectos sobre la composición corporal.....	10
2.3.2. Efectos sobre el hueso	14
2.3.3. Efectos sobre el equilibrio.....	19
2.3.4. Efectos sobre el sistema neuromuscular.....	22
2.3.5. Efectos sobre la capacidad cognitiva	29
2.3.6. Otros efectos.....	32
2.3.6.1. Sistema cardiovascular	32
2.3.6.2. Sistema digestivo	33
2.4. Tratamiento de los efectos del envejecimiento	34
2.4.1. Tratamientos conductuales	35
2.4.2. Tratamientos farmacológicos	37
2.4.3. Tratamientos a través del ejercicio físico	40
2.5. El ejercicio físico y las personas mayores	43
2.5.1. Efectos sobre la composición corporal.....	45
2.5.1.1. Métodos de evaluación de la composición corporal.....	47
2.5.2. Efectos sobre el hueso	54
2.5.2.1. Métodos de evaluación de la composición ósea.....	59
2.5.3. Efectos sobre el equilibrio.....	65
2.5.3.1. Métodos de evaluación del equilibrio.....	66
2.5.4. Efectos sobre la fuerza	71
2.5.4.1. Métodos de evaluación de la fuerza dinámica.....	73

2.5.4.2. Métodos de evaluación de la fuerza isométrica.....	77
2.5.4.3. Métodos de evaluación de la fuerza isocinética	79
2.5.5. Efectos sobre el bienestar	82
2.5.5.1. Métodos de evaluación del bienestar.....	84
2.5.6. Otros efectos.....	88
2.6. Prescripción física.....	90
2.6.1. Prescripción física para el control de la composición corporal.....	90
2.6.2. Prescripción física para el desarrollo del hueso	93
2.6.3. Prescripción física para la mejora del rendimiento motor.....	99
2.6.3.1. Equilibrio	99
2.6.3.2. Flexibilidad.....	101
2.6.3.3. Resistencia.....	104
2.6.3.4. Fuerza	107
2.6.4. Dispositivos de entrenamiento	113
2.6.4.1. Pesos libres	114
2.6.4.2. Máquinas	117
2.6.4.3. Resistencia variable	122
2.7. Síntesis bibliográfica y génesis de la investigación.....	136
3. Objetivos e hipótesis.....	141
3.1. Objetivos.....	143
3.1.1. Objetivo general	143
3.1.2. Objetivos específicos.....	143
3.2. Hipótesis	144
4. Metodología.....	145
4.1. Diseño del estudio.....	147
4.2. Población de estudio	149
4.2.1. Criterios de inclusión y exclusión	151

4.3. Variables del estudio.....	154
4.3.1. Variables independientes.....	154
4.3.2. Variables control	154
4.3.3. Variables dependientes.....	155
4.4. Procedimiento de evaluación e instrumentos de medición.....	160
4.4.1. Valoración antropométrica.....	161
4.4.2. Composición corporal y hueso.....	163
4.4.3. Equilibrio estático	170
4.4.4. Capacidad funcional.....	175
4.4.5. Fuerza isométrica	180
4.4.6. Fuerza isocinética.....	188
4.4.7. Bienestar físico, psicológico y social.....	196
4.5. Procedimiento de la intervención experimental.....	198
4.5.1. Aspectos generales del programa de entrenamiento	198
4.5.2. Familiarización al protocolo de intervención.....	201
4.5.3. Control de la intensidad y homogenización del entrenamiento	201
4.5.4. Equipamiento utilizado	207
4.5.5. Protocolo de intervención	211
4.5.6. Temporalización.....	225
4.6. Análisis estadístico	226
5. Resultados.....	229
5.1. Características de la muestra.....	231
5.2. Composición Corporal.....	233
5.3. Hueso	235
5.4. Equilibrio estático	242
5.5. Capacidad funcional	245
5.6. Fuerza isométrica.....	248

5.7. Fuerza isocinética	251
5.8. Bienestar físico, psicológico y social.....	256
6. Discusión	261
6.1. Composición corporal: porcentaje de grasa total.....	264
6.2. Hueso	270
6.3. Equilibrio estático	280
6.4. Capacidad funcional	284
6.5. Fuerza isométrica.....	293
6.6. Fuerza isocinética	298
6.7. Bienestar físico, psicológico y social.....	301
7. Aplicaciones del estudio.....	305
8. Limitaciones del estudio.....	309
9. Futuras líneas de investigación.....	313
10. Conclusiones.....	317
11. Referencias bibliográficas	321
12. Anexos.....	431

Índice de abreviaturas

10MWT	10-Meter Walking Test
1MWT	1-Minute Walking Test
30CST	30-Second Sit-to-Stand Test
ACSM	American College of Sports Medicine
AM	Adulto Mayor
BBA	Brunel Balance Assessment
BBS	Berg Balance Scale
BPM	Beats por minuto
CMAPM	Centros Municipales de Actividades para Personas Mayores
CMO	Contenido Mineral Óseo
CSD	Consejo Superior de Deportes
DMO	Densidad Mineral Ósea
DPA	Absorciometría Fotónica Dual
DT	Desplazamiento Total
DXA	Absorciometría Dual de rayos X
EBP	Escala de Bienestar Psicológico
ET	Test de Extensión de Tronco
FAM	Familiarización
FC	Test de Flexión de Codo
FMVI	Fuerza Máxima Voluntaria Isométrica
FRT	Functional Reaches Test
GA	Grupo de Medio Acuático
GC	Grupo Control
GLUT-4	Glucotransportadores de tipo 4
GT	Grupo de Tubos Elásticos
GWB	General Well-Being Schedule
HDL	High Density Lipoprotein
IBV	Instituto de Biomecánica de Valencia
IECA	Inhibidores de la Enzima de Conversión de la Angiotensina
IMC	Índice de Masa Corporal
IMSERSO	Instituto de Mayores y Servicios Sociales
INE	Instituto Nacional de Estadística

IQOLA	International Quality of Life Assessment
LCD	Liquid Crystal Display
LDL	Low Density Lipoproteins
MHI	Mental Health Inventory
MM	Mujeres Mayores
NedSVE	Sistema de valoración de equilibrio
NOS	National Osteoporosis Society
NR	Número de Repeticiones
O2	Oxígeno diatómico
OHI	Oxford Happiness Inventory
OMS	Organización Mundial de la Salud
pDXA	Absorciometría por Doble energía de rayos X
PGWB	Psychological General Well-being
POMA	Performance Oriented Mobility Assessment
PS	Test de Ponerse de Pie y Sentarse
PSA	Test de Prensa de Piernas
QTC	Tomografía Cuantitativa Computarizada
QUS	Densitometría por Ultrasonidos
QWBS	Quality of Well-Being
RA	Absorciometría de Rayos X
RAM	Memoria de Acceso Aleatorio
RGA	Test Romberg sobre Goma espuma con ojos Abiertos
RGC	Test romberg sobre Goma espuma con ojos Cerrados
RM	Repetición Máxima
RMN	Resonancia Magnética Nuclear
RNAO	Registered Nurses's Association of Ontario
ROA	Test Romberg con ojos Abiertos
ROC	Test Romberg con ojos Cerrados
RV	Test de Remo Vertical
rX	Aborsción X
SERM	Moduladores de los Receptores Estrogénicos
SFT	Senior Fitness Test
SPA	Absorciometría Fotónica Simple
SPWB	Scales of Psychological Well-Being

SSPS	Screening Score of Psuchiatic Symptoms
ST	Stepping Test
SXA	Absorciometría radiológica Simple de rayos X
TAC	Tomografía Axial Computarizada
THS	Terapias Hormonales Sustitutivas
TM6'	Test de Marcha en 6 Minutos
TUDST	Timed Up and Down Stairs Test
UG	Test Timed Up and Go
UH	Unidades Hounsfield

Índice de figuras

Figura 1. Esquema de funcionamiento del mecanostato óseo	14
Figura 2. Relación entre edad y tipo de fractura.....	18
Figura 3. Capacidad funcional en el transcurso de los años	23
Figura 4. Factores implicados en el desarrollo de la sarcopenia	25
Figura 5. Modelo teórico de dinapenia.....	27
Figura 6. Cambios teóricos en la resistencia ósea	94
Figura 7. Diseño del estudio	148
Figura 8. Diagrama de flujo del estudio.	153
Figura 9. Facultad de CAFD y fisioterapia de la universidad de valencia	160
Figura 10. Tallímetro Seca T214.....	161
Figura 11. Báscula Tanita® modelo BC-418MA.....	162
Figura 12. Densitómetro óseo por rayos X.....	163
Figura 13. Accesorios del DXA	164
Figura 14. Escaneo de cuerpo completo.....	166
Figura 15. Escaneo de columna.....	167
Figura 16. Escaneo de cadera	168
Figura 17. Software de NedSVE/IBV	170
Figura 18. Plataforma dinamométrica	171
Figura 19. Test de equilibrio.....	174
Figura 20. Test de ponerse de pie y sentarse	176
Figura 21. Flexión de codo	177
Figura 22. Test Up & Go.....	178
Figura 23. Test de marcha 6 minutos	179
Figura 24. Elementos del acondicionador de señales	180
Figura 25. Instrumentos de anclaje.....	181
Figura 26. Curva representativa de la fuerza isométrica	183
Figura 27. Test RV	185
Figura 28. Test PSA	186
Figura 29. Test ET	187
Figura 30. Dispositivo Biodex.....	188
Figura 31. Test abducción-adducción de cadera	192
Figura 32. Test flexo-extensión de rodilla.....	194

Figura 33. Test flexo-extensión de hombro.....	196
Figura 34. Participantes del estudio realizando el cuestionario SF-36.....	198
Figura 35. Espacio de entrenamiento del GT	199
Figura 36. Espacio de entrenamiento del GA.....	200
Figura 37. Escala OMNI-RES para bandas elásticas	204
Figura 38. Codificación de la intensidad de los tubos elásticos	205
Figura 39. Plataforma Exercise Station de TheraBand®.	208
Figura 40. Tubos elásticos	209
Figura 41. Asas de TheraBand®.	209
Figura 42. Discos y tobilleras de arrastre	211
Figura 43. AM realizando el calentamiento	222
Figura 44. AM realizando la parte principal	223
Figura 45. AM realizando la vuelta a la calma.....	224
Figura 46. Diseño experimental.....	225

Índice de tablas

Tabla 1. Criterios de la Organización Mundial de la Salud (Riesgo de fractura).....	19
Tabla 2. Especificaciones técnicas del aparato de absorciometría dual para rayos X..	164
Tabla 3. Especificaciones técnicas del sistema NedSVE/IBV	172
Tabla 4. Especificaciones técnicas del acondicionador de señales ME6000P8	181
Tabla 5. Especificaciones técnicas del sistema isocinético	189
Tabla 6. Contenidos del cuestionario de salud percibida SF-36.....	197
Tabla 7. Comparación del remo vertical con tubos elásticos vs medio acuático	216
Tabla 8. Comparación del remo inclinado con tubos elásticos vs medio acuático	217
Tabla 9. Comparación de la flexión de codo con tubos elásticos vs medio acuático...	218
Tabla 10. Comparación de la sentadilla con tubos elásticos vs medio acuático	219
Tabla 11. Comparación de la tijera con tubos elásticos vs medio acuático.....	220
Tabla 12. Comparación de la abducción de cadera con elásticos vs medio acuático...	221
Tabla 13. Características basales	232
Tabla 14. Resultados de la composición corporal	234
Tabla 15. Resultados de las variables del hueso.....	240
Tabla 16. Resultados de las variables del equilibrio	244
Tabla 17. Resultados de las variables de capacidad funcional	247
Tabla 18. Resultados de las variables de fuerza isométrica	250
Tabla 19. Resultados de las variables de fuerza isocinética	255
Tabla 20. Resultados de las variables del bienestar.....	260

Capítulo 1

Introducción

En la actualidad, una de las mayores preocupaciones que se están acrecentando a nivel sociodemográfico es el aumento del sector de la población que pertenece a la tercera edad y los cambios que el ser humano experimenta en esta última fase de la vida. El envejecimiento poblacional es un fenómeno a nivel mundial y es probablemente uno de los problemas más complejos a enfrentar durante el siglo XXI. España, es uno de los países más envejecidos de Europa, y se prevé que para el año 2050 su sector poblacional representará más del 30% del total de la población (IMSERSO, 2016). Teniendo en cuenta esto, y la realidad de los ancianos, cuya funcionalidad y autonomía cada vez se va viendo más reducida a causa del deterioro que sufre el organismo con los años, resulta imprescindible el desarrollar técnicas, programas e instrumentos que permitan hacer más llevadera la vida de estas personas. En este sentido, no hay que olvidar que el objetivo no se ha de centrar tan solo en alargar la vida de los ancianos, sino en mejorar su calidad de vida durante su última etapa del ciclo vital, logrando que envejeczan más tarde y en mejores condiciones de salud física y cognitiva utilizando las medidas más adecuadas y eficaces posibles.

La práctica de actividad física resulta una de las estrategias más naturales, seguras, accesibles y eficaces para combatir los efectos del envejecimiento. Tradicionalmente, siempre se ha procurado que nuestros mayores realizaran ejercicio físico de manera suave y sencilla, más buscando la recreación que el desarrollo condicional, y siendo el ejercicio aeróbico el más recomendado por diversas organizaciones especializadas en la actividad física y la salud. No obstante, el entrenamiento de la fuerza es actualmente uno de los métodos más eficaces para combatir diferentes efectos del envejecimiento, como por ejemplo es el fenómeno de la dinapenia, el cual puede reducir la capacidad funcional de la persona mayor y limitar, por tanto, su calidad de vida. Numerosos estudios científicos han probado los efectos positivos que el entrenamiento de la fuerza genera en el

organismo de una persona de edad avanzada, tanto a nivel fisiológico, como cognitivo e incluso social, siempre y cuando dicho entrenamiento esté ajustado a la capacidad de cada persona mayor, y se realice bajo la supervisión de profesionales para evitar riesgos que puedan provocar lesiones.

Con el desarrollo del área de la actividad física y la salud, son muchos los dispositivos que han ido modernizándose en pos de facilitar y potenciar las cualidades físicas de las personas, y en particular de la cualidad condicional de la fuerza. Los dispositivos más tradicionales y conocidos en este sentido son los pesos libres y las máquinas de entrenamiento, las cuales resultan ser muy eficaces para realizar un entrenamiento de la fuerza para personas mayores como el que ya se ha mencionado, permitiendo por otro lado, realizarlo en condiciones seguras y adecuadas sin perjudicar su salud.

Sin embargo, estos dispositivos son costosos, como también lo es el acceso a instalaciones que dispongan de ellos. Poder utilizarlos requiere de recursos económicos o incluso de desplazamientos largos. No todas las personas y más dentro de la población de la tercera edad disponen de estos recursos para acceder a estos materiales. A su vez, cabe destacar que incluso pudiendo acceder a ellos, está probado que, durante el primer año de entrenamiento con máquinas y pesos libres, el porcentaje de abandono de dichos entrenamientos es de un 50% (Colado & Triplett, 2008; Rodrigues et al., 2013).

Debido a esto, diversos estudios han optado por la utilización de otros dispositivos más económicos como los materiales elásticos, en forma de banda o tubo. Estos materiales, con respecto a las máquinas o los pesos libres, son más accesibles pudiendo entrenar con ellos en cualquier lugar. Son más fáciles de transportar y de manipular, pudiendo reducir el riesgo de lesiones y, además, son más fáciles de mantener. A su vez, permiten un rango de movimiento más ergonómico para cada individuo, y cuentan con

una metodología sencilla y segura para regular su intensidad durante su entrenamiento mediante el empleo de agarres más estrechos u holgados o utilizando materiales más rígidos o más flexibles según la necesidad.

Por otro lado, el entrenamiento de la fuerza muscular con materiales tradicionales podría ocasionar un estrés peligroso en el sistema músculoesquelético de las articulaciones en personas mayores en el caso de que no se adapte con minuciosidad tanto los ejercicios a realizar como la progresión en intensidad a seguir con ellos (Lorenzo et al., 2018). Es por esto que en las últimas décadas también se han buscado alternativas al entrenamiento con peso libre y máquinas que faciliten una incorporación más diversa y segura de las personas mayores al entrenamiento de la fuerza, como así podría ser el entrenamiento realizado en el medio acuático debido a sus diversas propiedades físicas específicas (Simmons & Hansen, 1996), como por ejemplo son la hipogravidez o ingravidez que facilita la amplitud y diversidad de acciones motrices, aumentando la comodidad durante el ejercicio de manera que permite disfrutar más de la experiencia y promover así su participación, lo cual a su vez puede llevar a una mayor longevidad (Sherlock, Hornsby Jr., & Rye, 2013). Además, la presión hidrostática y la temperatura del agua mejorarán el flujo sanguíneo y alterarán favorablemente las respuestas hemodinámicas en reposo y durante el ejercicio (Raffaelli, Milanese, Lanza, & Zamparo, 2016). Por tanto, teniendo en cuenta todo esto, realizar un entrenamiento en el medio acuático podría ser una alternativa válida para el adulto mayor, ya que de manera concreta para este colectivo podría reducir el estrés y molestias articulares, además de minimizar a su vez el riesgo de caídas inherente al entrenamiento en el medio terrestre (Colado et al., 2013; Sanders et al., 2019).

En cuanto a la efectividad de estos materiales y medios, tal y como se reseñará durante el marco conceptual, diversos estudios han investigado los efectos que un

entrenamiento de la fuerza utilizando estos materiales en distintas poblaciones etarias, provocan en comparación con los resultados que ofrecen dispositivos de pesos libres y máquinas de entrenamiento realizando los mismos ejercicios. De esta manera, se llegó a la conclusión de que los materiales elásticos y el entrenamiento en el medio acuático podían obtener, por lo menos, efectos igual de positivos.

Sin embargo, y pese a que tanto los dispositivos de material elástico como el medio acuático con dispositivos de arrastre, ya han sido utilizados en diferentes estudios para medir sus efectos en el rendimiento físico, no existen estudios científicos que hayan comparado los efectos que produce un entrenamiento de la fuerza utilizando estos dispositivos y medios y sus posibles diferencias, y aún menos en una población de adultos pertenecientes a la tercera edad.

Así pues, el presente estudio pretende de manera innovadora evaluar los efectos que provoca un entrenamiento de la fuerza utilizando dispositivos elásticos versus el medio acuático, en diferentes parámetros de la composición corporal, del hueso, del rendimiento motor, y del bienestar físico, psicológico y social en mujeres mayores sedentarias. De este modo se pretende esclarecer la incógnita acerca de si los dispositivos elásticos y el medio acuático provocan los mismos o diferentes beneficios fisiológicos, funcionales y cognitivos, aplicado a un sector distinto de los ya investigados como son las mujeres de más de 60 años.

Los resultados de esta investigación podrían otorgar a los profesionales que trabajan en el ámbito de la actividad física, la salud y la tercera edad, el conocimiento suficiente para poder establecer recursos prácticos de aplicación con los que poder emplear de manera segura y eficaz en este colectivo los materiales elásticos y/o el medio acuático.

Capítulo 2

Marco teórico

A continuación se va a presentar el marco teórico tratando todos los aspectos relacionados con el presente estudio, de manera que permita conocer los conceptos básicos necesarios para el entendimiento del desarrollo de este proyecto.

2.1. El envejecimiento

El envejecimiento aparece como consecuencia de la acción del tiempo, provocando diferentes cambios morfológicos, fisiológicos y funcionales que conducen al ser humano a una reducción sustancial de todas sus capacidades. La estructura corporal compuesta por huesos y músculos también es susceptible a ser vulnerable, por lo que su deterioro suele ocasionar discapacidad (Padilla, Sánchez, & Cuevas, 2014).

2.2. Aspectos demográficos

De cara a plantear cualquier tipo de teoría, programa o estrategia relacionada con el desarrollo, mejora o apoyo de las condiciones de las personas de la tercera edad, siempre se ha de tener como punto de partida el contexto demográfico de la sociedad. Y es que, dentro de las sociedades desarrolladas, uno de los cambios más significativos que se están produciendo, es la tendencia progresiva al envejecimiento de la población adulta, a edades más avanzadas, sobre todo en personas de más de ochenta años. Es un hecho que España es uno de los países con la población más envejecida de Europa, experimentando el denominado envejecimiento del envejecimiento, con uno de los índices de fecundidad más bajos del mundo y una elevada esperanza de vida al nacer (Limón & Ortega, 2011).

Como resultado de la transición de altas a bajas tasas de fecundidad y la constante reducción de la tasa de mortalidad, se ha ido incrementando con el paso de los años la proporción de personas mayores de 65 años. Según el Fondo de Población de las Naciones Unidas, el incremento previsto en España será de un 22% en 2050. Este aumento se producirá sobre todo en la llamada cuarta edad, formada por personas mayores de 80 o

85 años (IMSERSO, 2016). El hecho de que aumente la esperanza de vida en la mayor parte del mundo, debe considerarse un logro de la humanidad (Reher, 2008). Sin embargo, este hecho supone un problema que, por norma general, preocupa a la hora de pensar en los aspectos individuales de la vida, los aspectos comunitarios, nacionales e internacionales, así como las facetas sociales, económicas, culturales, psicológicas y espirituales (De-Juanas, Limón, & Navarro, 2013).

2.3. Efectos del envejecimiento

Pese a que las personas cada vez viven más años, esta circunstancia no significa que la calidad de vida y la salud acompañen todos esos años (Awick et al., 2015). En España la esperanza de vida es de 80.5 años para los hombres, y de 85.8 para las mujeres, sin embargo, la esperanza de vida saludable en ambos sexos es de únicamente 68 años (INE, 2020). El envejecimiento es un proceso multifactorial que afecta a todos los órganos y sistemas del organismo (Kanasi, Ayilavarapu, & Jones, 2016). Es un proceso y no una enfermedad, y se inicia después de la concepción, y por el cual el organismo comienza una serie de mecanismos que influyen en el mismo. Estos mecanismos, están relacionados con el proceso de degeneración del organismo, el cual afecta a las capacidades neurales y psicológicas del adulto mayor, a sus capacidades sociales, y a su eficiencia en cuanto a los sistemas fisiológicos.

2.3.1. Efectos sobre la composición corporal

El proceso de envejecimiento trae consigo cambios en la composición corporal debido a un proceso multifactorial originado por factores genéticos, cambios hormonales, cambios en el sistema inflamatorio o el estilo de vida entre otros (Crow et al., 2019; Lima et al., 2019).

En tal sentido, ya sea en patologías o en los cambios en la composición corporal, los factores genéticos, fruto del paso de los años, pueden determinar de manera parcial

las variaciones entre individuos, pudiendo de esta manera, influir en el descenso de la masa muscular o en el incremento de la masa grasa (Livshits, Kato, Wilson, & Spector, 2007). Por otro lado, el envejecimiento provoca una disminución de los niveles de la hormona del crecimiento, andrógenos y estrógenos, hecho que podría relacionarse con la pérdida de masa magra y la aparición de sarcopenia (Leifke et al., 2000). A su vez, el envejecimiento favorece el aumento de la leptina y la pérdida de testosterona, lo que podría afectar a la regulación de la ingesta y a los cambios en la composición corporal (Barrios Ospino et al., 2010).

El estilo de vida también es un factor determinante en la composición corporal en AM. El proceso de envejecimiento genera una disminución de la capacidad para regular la ingesta, lo que se traduce en una mayor dificultad para normalizar el peso habitual tras los cambios ponderales (Roberts et al., 1994). La deceleración del metabolismo basal sumado al descenso del gasto energético, fruto de la reducción de actividad física, favorecen el aumento del peso y de la masa grasa durante la primera etapa del envejecimiento. El sedentarismo facilita pues, el aumento de la masa grasa y la pérdida de masa muscular, lo que a la larga se traduce en una mayor dificultad para realizar ejercicio físico y por ende, en una mayor probabilidad de abandono (Cobos, 2017).

Según Guo, Zeller, Chumlea, & Siervogel (1999) la masa corporal aumenta de manera progresiva con la edad, para posteriormente, reducirse o mantenerse estable al llegar a una edad avanzada. Cobos (2017) destaca en su estudio que la pérdida de masa corporal al año es de 0.4%, lo cual, a pesar de ser una cifra leve, en AM, estos cambios podrían generar un desbalance entre los diferentes componentes y llegar a enmascarar situaciones patológicas, incluso sin experimentar variaciones mayores en el peso.

A su vez, la masa grasa, de manera inversamente proporcional a la masa corporal, aumenta entre un 0.3% y un 0.4% al año (Guo et al., 1999), experimentando durante el

envejecimiento una redistribución. Mientras que el tejido adiposo tiende a acumularse en la región abdominal, se reduce la grasa subcutánea. La grasa acumulada en la zona del tronco se relaciona más con la enfermedad cardiovascular que la ubicada en la zona del glúteo femoral (Cobos, 2017).

Estudios transversales previos ya mostraron una lenta y progresiva redistribución de la grasa durante el envejecimiento (Organización Mundial de la Salud). El tejido adiposo tiende a una redistribución más visceral con el tiempo (Asaduroglu, 2015), es decir, la grasa subcutánea muestra una tendencia a reducirse en los miembros, desplazándose a la zona abdominal (Asaduroglu, 2015; Rössner, 2001). De esta manera, la grasa intra-abdominal particularmente la grasa visceral, y la intramuscular se ven incrementadas con la edad (Asaduroglu, 2015). Beaufrère & Morio (2000) sugirieron que la grasa intra-abdominal se acumula con mayor velocidad que la grasa total en AM, aun cuando estas personas no padecen obesidad. Cabe destacar que el aumento de la grasa corporal está asociado con una serie de limitaciones funcionales, especialmente en mujeres mayores (Asaduroglu, 2015; Rolland et al., 2009).

A día de hoy, el exceso de masa grasa supone un importante riesgo para la salud a lo largo de la vida, y la prevalencia en la tercera edad se destaca en los países industrializados. En España, el 56% de la población mayor de 65 años padece obesidad central, considerado como una de los principales indicadores de mortalidad en esta población (Gomez-Cabello et al., 2011; Marqueta de Salas, Martín-Ramiro, & Juárez Soto, 2016).

Siguiendo esta línea, la obesidad en AM está asociada con un elevado riesgo de síndrome cardiometabólico, discapacidad física, diabetes tipo II e incluso demencia (Janssen & Mark, 2007; Lima et al., 2019), suponiendo una disminución de la salud y la calidad de vida (Crow et al., 2019).

La obesidad y la arteriosclerosis son dos procesos multifactoriales, que poseen diversos puntos en común que explican la elevada morbilidad cardiovascular de la persona con obesidad, siendo este fenómeno un factor predictivo significativo e independiente de enfermedad cardiovascular, en especial en mujeres (Hubert, Feinleib, McNamara, & Castelli, 1983; Lima et al., 2019). El riesgo de sufrir un fallo coronario se triplica cuando el índice de masa corporal (IMC) es superior a 29 kg/m² (Manson et al., 1995). La razón es principalmente que el aumento del gasto cardíaco asociado a la obesidad puede provocar miocardiopatía y fallo cardíaco en ausencia de otros factores de riesgo cardiovascular (Argente del Castillo, 2014). Además, sumado a un mayor riesgo de sufrir hipertensión arterial e hipercolesterolemia, el riesgo de muerte súbita es tres veces mayor en personas que padecen obesidad en comparación con los que no la padecen, y el doble para desarrollar insuficiencia cardíaca congestiva, enfermedad cerebrovascular y cardiopatía isquémica (Manson et al., 1995).

Además, el paso del tiempo supone para el organismo un incremento en la prevalencia del síndrome metabólico, también denominado síndrome X, síndrome plurimetabólico o síndrome de Reaven. Este fenómeno es una entidad clínica compuesto por factores como la hiperglucemia, la hipertensión arterial, la dislipemia aterogénica y por supuesto, la obesidad (Cobos, 2017). La aparición del síndrome metabólico supone un aumento del riesgo de una mayor morbilidad y mortalidad cardiovascular, doblando el riesgo de enfermedad en comparación a la ausencia de este síndrome (Cobos, 2017; Kaur, 2014).

La literatura aporta diferentes estudios que demuestran la existencia de una asociación inversa entre la actividad física y el sobrepeso u obesidad en la tercera edad (Ferra et al., 2012; Wang, van Belle, Kukull, & Larson, 2002) además de una reducción en la pérdida funcional (Lima et al., 2019). A su vez, se sugiere que la actividad física es

capaz de revertir los cambios de la composición corporal en AM (Garatachea, Torres Luque, & González Gallego, 2010), lo que parece indicar que la práctica de ejercicio físico es un buen indicador de salud respecto a la masa grasa en el estilo de vida en la tercera edad.

2.3.2. Efectos sobre el hueso

Son diversos los factores que estimulan el crecimiento del hueso o su destrucción. Entender dichos factores resulta especialmente relevante debido a la gran prevalencia de osteoporosis en la tercera edad (Berry, Shi, & Kiel, 2019).

El hueso es un órgano dinámico en continuo recambio que participa de las estructuras de sostén del aparato locomotor, así como de la homeostasis de los minerales y funciones hematopoyéticas (Burr, 2019).

Hace ya dos décadas, Ferretti, Cointry, & Capozza (2001) ya identificaron los diferentes niveles de complejidad (molecular, celular, tisular, orgánico, sistémico, individual y ecosistémico) que integran en tiempo y espacio los diferentes factores presentes en el proceso de formación y destrucción del tejido óseo (figura 1).

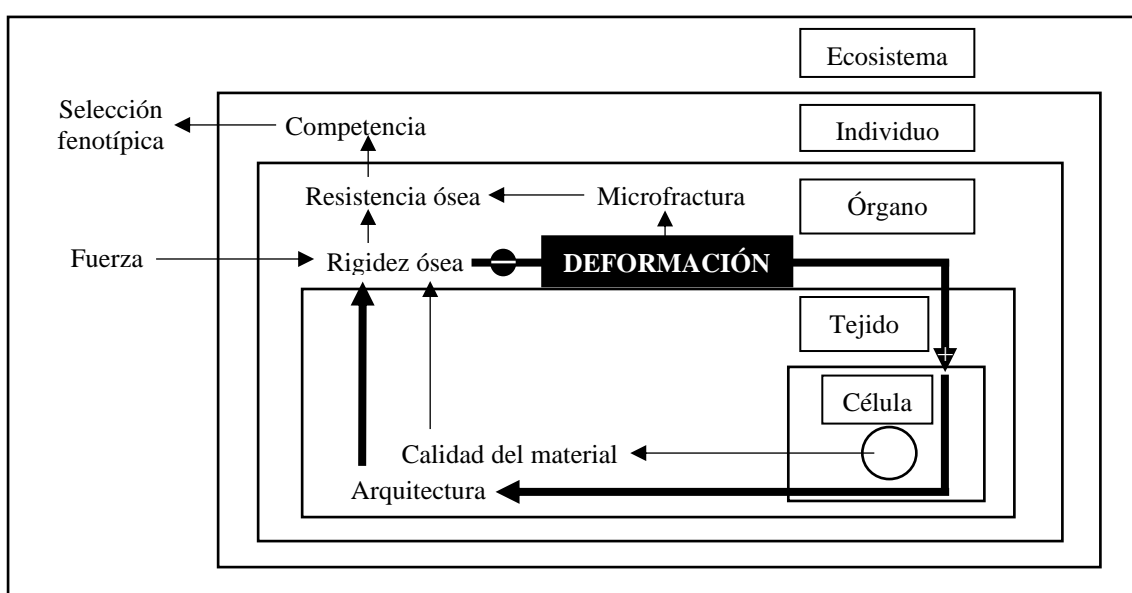


Figura 1. Esquema de funcionamiento del mecanostato óseo que muestra el circuito de la información a distintos niveles de complejidad biológica. Extraído de Berry, Shi, & Kiel (2019)

El proceso de envejecimiento va acompañado de una pérdida de masa ósea y contribuye a la fragilidad esquelética en la población de mayor edad. Los cambios que se dan en la matriz del tejido óseo y por ende, en su calidad, agravan dicha fragilidad (Burr, 2019). Con el paso de los años, el sistema esquelético experimenta cambios estructurales degenerativos tales como la desmineralización ósea, la cual es responsable de la reducción de la anchura de las vértebras y de la deformación de la longitud de los huesos de las extremidades inferiores (Fathi Kazerooni, Pozo, McCloskey, Saligheh Rad, & Frangi, 2019). Esta pérdida de masa ósea y deterioro de la microarquitectura del tejido óseo, acompañados de un aumento en la susceptibilidad a sufrir fracturas, son definidos por la OMS como osteoporosis.

La osteoporosis aparece tras una alteración en el remodelado óseo que se debe a un desequilibrio entre la formación y especialmente, la reabsorción ósea, traduciéndose en una pérdida de densidad mineral ósea (DMO) y en la aparición de alteraciones microestructurales (Durden, Pinto, Lopez-Gonzalez, Juneau, & Barron, 2017; Nguyen, 2017; Recker & Barger-Lux, 2004). Uno de los motivos por los cuales las mujeres sufren más de osteoporosis que los hombres es debido a la aparición de la menopausia, en tal sentido, a día de hoy, se considera que el mecanismo central de la osteoporosis postmenopáusica es el déficit de estrógenos (hipogonadismo), por lo que un uso de estos resulta un método plausible para prevenirla (Seeman, 2002). Una de las justificaciones de la relevancia de esta hormona en la aparición de la osteoporosis es que las células óseas poseen receptores estrógenos en su superficie, por lo que un déficit sistémico de estrógenos genera inestabilidad en el remodelado óseo con un predominio neto de la resorción (González, 2015).

Aproximadamente, entre los 40 y los 50 años se inicia la pérdida ósea relacionada con el envejecimiento, fenómeno que ya no se detiene hasta el final de la vida. Tanto los

hombres como las mujeres pierden del 20 al 30% del hueso cortical y trabecular (González, 2015). Entre los mecanismos que más frecuentemente se relacionan a la pérdida de DMO en el envejecimiento, se encuentra la presencia de un balance negativo de calcio en el hueso y un grado determinado de hiperparatiroidismo secundario, si bien, se puede dar de manera asociada, un déficit estrogénico, el cual regula la homeostasis cálcica fuera del esqueleto. También se ha valorado la influencia de los estrógenos sobre el metabolismo de la vitamina D y de la PTH (Riggs, Khosla, & Melton, 1998).

La osteoporosis puede estar localizada en un lugar (focal) o en varios lugares óseos (generalizada) del organismo. Así mismo, en función de diversos factores puede acontecer un tipo u otro de osteoporosis, siendo un ejemplo la inmovilización de un miembro, el síndrome de dolor regional complejo, el de Gorham-Stout o la osteoporosis transitoria (González, 2015). Por otro lado, considerando los factores edad y sexo, se puede diferenciar entre osteoporosis idiopática juvenil, osteoporosis idiopática del adulto joven, osteoporosis postmenopáusica o de tipo I y osteoporosis involutiva o de tipo II (González, 2015). Las dos últimas son las formas más comunes de osteoporosis y están relacionadas con el envejecimiento y con el cese de la función ovárica estrogénica (Seeman, 2002). A su vez se relacionan con un riesgo superior de caídas, deterioro cognitivo y alteraciones hormonales y vitamínicas (González, 2015).

La osteoporosis es, no obstante, una enfermedad difícil de definir, ya sea por su complejidad etiopatogénica y fisiopatológica, o por su clínica silente (Cooper, 1999). Los síntomas clínicos pueden pasar desapercibidos, pero se estima que entre 150 y 200 millones de personas se ven afectadas en todo el mundo (González, Vásquez, & Molina, 2009). El episodio más importante de la osteoporosis para la salud es la aparición de fracturas osteoporóticas, las cuales son producidas por traumatismos mínimos, o incluso sin ellos, en un hueso desmineralizado, sin presencia de otra patología que lo justifique,

como podría ser un tumor óseo, metástasis ósea, osteomielitis, enfermedad de Paget, hiperparatiroidismo, etc. (Burr, 2019). La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que el 40% de mujeres mayores de 50 años sufrirán alguna fractura relacionada con la Osteoporosis en algún momento de su vida.

Así pues, el riesgo de fractura ósea aumenta con la edad, y comúnmente se considera que la pérdida de masa ósea y las alteraciones de la arquitectura esquelética que lo potencian se incrementan después de la menopausia en las mujeres (Burr, 2019). No obstante, estos cambios contribuyen alrededor del 75% del incremento en el riesgo de fractura. Tanto la resistencia ósea cortical como la trabecular comienzan a disminuir entre un 2-5% y 5-10% respectivamente a partir de los treinta años (Burr & Turner, 1999). Las fracturas vertebrales, del fémur proximal y del antebrazo distal son las localizaciones más frecuentemente observadas relacionadas por dichos motivos (Cummings & Melton, 2002; García, 2015; Masi, 2008), de hecho, en España, se estiman al año 40.000 fracturas de cadera y más de 100.000 vertebrales (García, 2015).

Desde un punto de vista epidemiológico, la mujer refleja un riesgo superior al hombre de sufrir fracturas de hueso trabecular (proporción de 8 a 1), y corticales (proporción de 2 a 1). En tal sentido, una mujer de cincuenta años presenta un riesgo de fractura de un 15% en la cadera y el antebrazo, y de un 32% en las vértebras (Cummings, Black, & Rubin, 1989). Existe una dificultad patente para estimar los datos epidemiológicos de la fractura vertebral debido a que únicamente el 30% de las fracturas son sintomáticas y el resto no son diagnosticadas por pasar desapercibidas (Nogués Solán, 2009), mientras que está provado que la fractura de Colles (fractura distal del radio) se produce a una edad más temprana que la fractura vertebral y la de cadera (Naves Díaz et al., 2000).

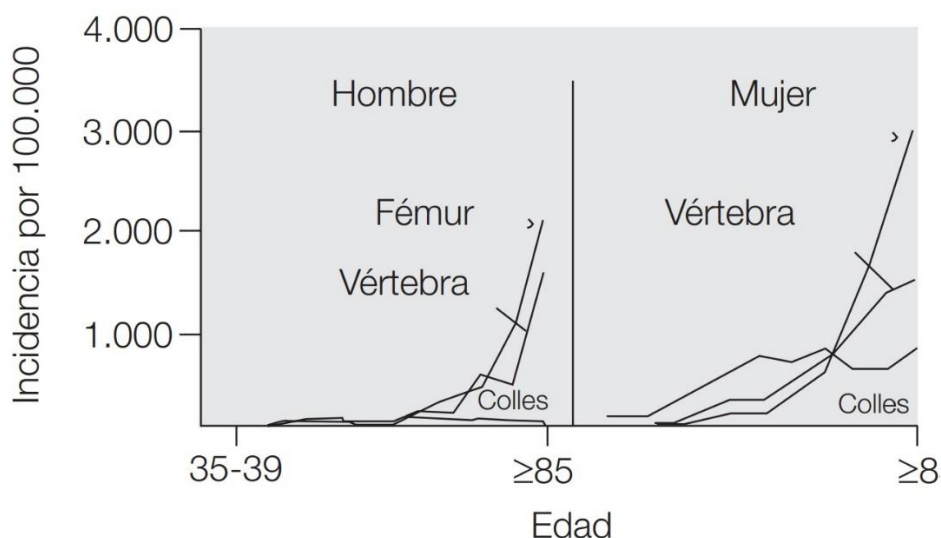


Figura 2. Relación entre edad y tipo de fractura. Extraído de Nogués Solán (2009)

Se considera a la densidad mineral ósea (DMO) como el factor más relevante para predecir el riesgo de fractura, si bien, tampoco es el único. Debido a esto, la OMS definió la osteoporosis en base a la valoración de la masa ósea, como una reducción de la masa ósea 2.5 desviaciones estándar por debajo del pico de masa ósea de la población (T-Score), según sexo y raza determinados (García, 2015). Se consideró así, que por debajo de este nivel el riesgo de fracturas superaría el nivel tolerable. Cabe aclarar que se calcula un 12% de pérdida ósea en representación de la pérdida de una desviación estándar (García, 2015; Ibáñez, 2003).

La OMS, a través de un grupo de expertos, estableció unos criterios que utilizan como parámetro la T-Score y que estratifican el riesgo de fractura. De esta forma, establecen que cuando una persona, tras una valoración densitométrica posee valores de T-Score localizados entre -1 y -2.5, padece osteopenia. Si los valores son inferiores a -2.5 se considera osteoporosis, y si además, a estas condiciones se le asocia una o más fracturas osteoporóticas, se considera osteoporosis establecida.

Tabla 1. Criterios de la Organización Mundial de la Salud

T-Score	Interpretación	Riesgo de fractura
Entre +1 y -1 DE	Normal	Normal
Entre -1 y -2.5 DE	Osteopenia	Doble de lo normal
< de -2.5 DE	Osteoporosis	Cuádruple de lo normal
< de -2.5 DE y presencia de fractura relacionada con fragilidad ósea	Osteoporosis establecida	Por cada DE de disminución, el riesgo se multiplica por 1.5-2
< 3.5 DE	Osteoporosis severa	

DE: desviación estándar

2.3.3. Efectos sobre el equilibrio

El equilibrio es “el proceso” por el cual se controla el centro de masa del cuerpo respecto a la base de sustentación, sea dinámica o estática (Rose, Jones, & Lucchese, 2002). Según Tobón (2016), el centro de gravedad es el punto donde se encuentran los planos corporales y el peso corporal. Su localización media suele ubicarse en la pelvis, parte anterior, a nivel de la segunda vértebra sacra (en las mujeres, por lo general, puede estar un poco más bajo por tener una pelvis y muslos más pesados y piernas más cortas). Este puede variar su posición de una persona a otra de acuerdo a su edad, género, masa corporal, hábitos posturales y por las diversas actividades que realiza la persona como caminar, sentarse, o la postura que adopta al trabajar, entre otras.

A medida que el cuerpo humano envejece, la corporalidad y la motricidad se van debilitando, no solo debido al envejecimiento biológico, sino también a una reducción de la actividad motora (Tobón, 2016). Así pues, el paso del tiempo supone un declive del bagaje motor, tanto en las habilidades como en las capacidades motrices, lo que a su vez implica una involución significativa de las capacidades perceptivas de la coordinación y del equilibrio (Osoba, Rao, Agrawal, & Lalwani, 2019). El envejecimiento resulta ser una de las principales causas que originan alteraciones de la marcha y, consustancialmente, de la capacidad motriz del equilibrio.

El equilibrio motriz es intrínseco a todas aquellas actividades cuya función es mantener la estabilidad corporal, de manera que supone un aspecto fundamental en la actividad física (Abreus, González, & del Sol, 2016). Su complejidad permite diferenciar entre el equilibrio reflejo, voluntario y automático, los cuales intervienen en mayor o menor medida tanto en el equilibrio estático, responsable de mantener el juego entre el centro de gravedad y la base de sustentación corporal, como en el equilibrio dinámico cuya función es la de reequilibrar el cuerpo cuando el centro de gravedad se desplaza fuera de la base de sustentación corporal (Saüch, Castañer, & Hilenó, 2013; Yu et al., 2020). El centro de gravedad (punto donde se encuentran los planos corporales y el peso corporal) suele ubicarse, en los adultos, aproximadamente entre el 55% y el 60% de la altura del sujeto tomando como referencia el suelo (Lázaro-Lázaro, 2000; Tobón, 2016).

En los diferentes cambios que el cuerpo humano experimenta en el equilibrio, en consecuencia al paso de los años, pueden intervenir diferentes factores como alteraciones vestibulares, deficiencias oculares, trastornos cervicales, afecciones cardiovasculares, alteraciones osteo-musculares, anomalías en la fisionomía de los pies, el dolor musculoesquelético, etc. (Hicks et al., 2020; Tobón, 2016).

El envejecimiento trae consigo una serie de cambios morfológicos y bioquímicos del sistema nervioso central, lo cuales pueden llegar a generar alteraciones que afectan a la capacidad funcional de los AM, como por ejemplo la memoria, la atención, la representación mental, la fuerza, la marcha o el equilibrio, desenvocando en muchos casos en discapacidad y dependencia (Tobón, 2016).

La coordinación de las estructuras cerebrales y de los sistemas piramidal y extrapiramidal (lo que incluye entre otros al cerebelo, los ganglios basales y los receptores sensoriales) permiten mantener la postura y el equilibrio. Estos pueden verse afectados por desórdenes en el total o el parcial de la red nerviosa, por lo que la función motora en

los AM puede verse enlentecida y descoordinada, sufriendo afecciones de la postura, el equilibrio y la marcha (Osoba et al., 2019; Timiras & Maletta, 2007, Tobón, 2016; Yu et al., 2020).

Uno de los mayores problemas que el AM experimenta al perder equilibrio con el envejecimiento es el aumento del riesgo de sufrir caídas (Hicks et al., 2020). Las caídas son una fuente importante de morbilidad y mortalidad entre los AM, debido a que afectan a un tercio de las personas que superan los 65 años (Samitier, 2015), desembocando en problemas tales como lesiones graves, pérdida de independencia e institucionalización (Rubenstein, 2006). Las caídas se asocian también con una pérdida de la movilidad, dificultad para realizar actividades comunes diarias, pérdida de seguridad, miedo a la repetición y depresión (Brodie et al., 2017; Hicks et al., 2020).

Según la OMS, las caídas suponen la segunda causa de muerte por lesiones no intencionadas a nivel mundial, superadas únicamente por los accidentes de tráfico, y siendo la población que mayor tasa de mortalidad presenta, la que supera los 60 años. Esto es debido en parte a que la edad supone uno de los factores que más se relacionan con el número de caídas, y es que se estima que las personas mayores a 65 años tienen un 30% de posibilidades de sufrir caídas, porcentaje que aumenta a un 50% en personas mayores a 80 años. A su vez, a mayor edad también existe una mayor probabilidad, en el plazo de un año, de sufrir nuevamente entre dos y tres caídas, circunstancia que favorece la aparición de patologías que refuerzan el binomio ya establecido (a mayor edad, mayor riesgo de caídas) (García, 2017).

Entre los factores asociados al envejecimiento que favorecen la pérdida del equilibrio, y por ende, el aumento del riesgo de caídas, se encuentran los cambios músculo esqueléticos que experimenta el organismo. En este sentido, destaca la pérdida tanto de masa muscular (sarcopenia) como de la fuerza muscular (dinapenia) de las extremidades

inferiores. Y es que se estima que los AM que superan los 80 años pierden entre un 25% y un 30% de masa magra, a la par que experimentan cambios generados en las fibras, aumentando el número de fibras musculares de tipo II (también denominadas “lentas”) en detrimento de las fibras musculares de tipo I (también denominadas “rápidas”). Esto sumado al proceso degenerativo que experimentan las unidades motoras, supone un condicionante clave para la estabilidad del AM lo que propicia un aumento del riesgo de sufrir caídas (Samitier, 2015).

Para un AM, sufrir una caída puede traer como consecuencia el sufrir una fractura, contusión, herida, traumatismo craneoencefálico o torácico, o más a largo plazo, una atrofia muscular, anquilosis articular, úlcera por presión, trombosis venosa profunda, cuadros confusionales, o aumento de la osteoporosis, etc. (García, 2017). Poseer una buena salud ósea resulta imprescindible ya que el 25% de los AM que sufre una fractura de cadera, resultado de una caída, fallece en los posteriores 12 meses, a la par que aumenta en un 50% las posibilidades de generar una dependencia para las actividades de la vida diaria (García, 2017; Hicks et al., 2020).

2.3.4. Efectos sobre el sistema neuromuscular

Dentro de la salud y la calidad de vida de las personas mayores, se encuentra, como uno de sus principales indicadores, la capacidad funcional, la cual depende de un gran número de factores, entre ellos, el tipo de vida de las personas, su estilo alimenticio, si son o no personas fumadoras, y por supuesto, el nivel de actividad física que realizan (Mazzeo et al., 1998). El sedentarismo trae consigo una mayor disminución de la funcionalidad, mientras que la práctica de ejercicio físico puede retrasar esta pérdida en edades avanzadas. En este sentido, practicar actividad física es un hábito considerado importante para mantener durante toda la vida, ya que cuanto más desarrolladas se tengan las capacidades físicas en resultado al ejercicio realizado durante las distintas etapas de

la vida, mayor será a su vez el retraso en la pérdida de la capacidad funcional en la tercera edad (Forman et al., 2017).

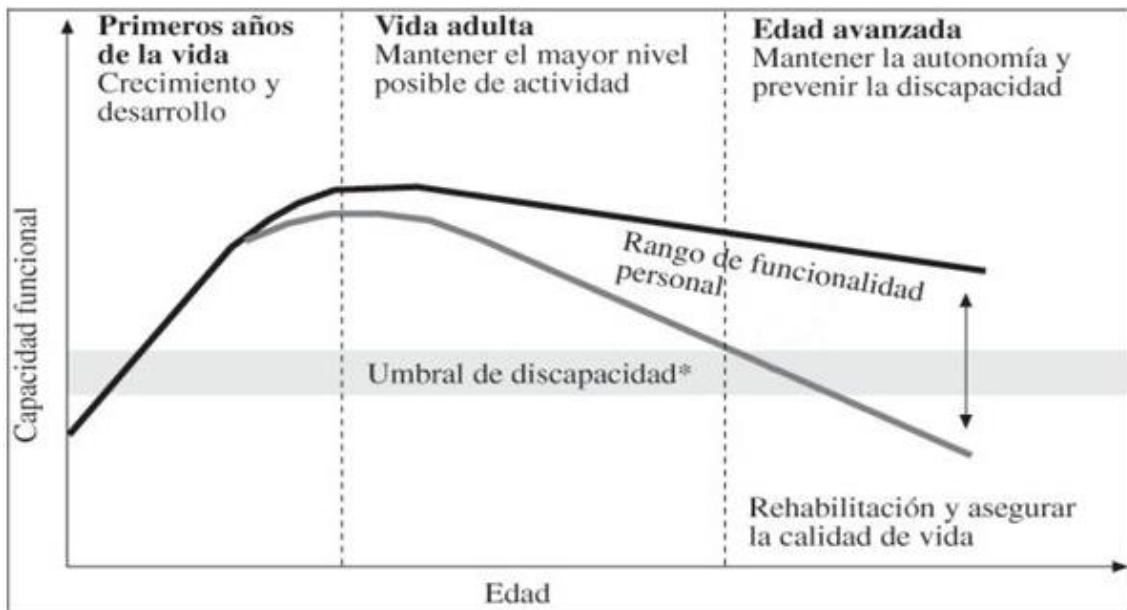


Figura 3. Capacidad funcional en el transcurso de los años. Extraído de Kalache & Kickbusch (1997)

Tanto la masa muscular como la fuerza muscular suponen factores importantes para mantener una correcta capacidad funcional, y que disminuyen con la edad. Estos fenómenos son conocidos como sarcopenia y dinapenia (Tournadre, Vial, Capel, Soubrier, & Boirie, 2019; Manini & Clark, 2012).

a) Sarcopenia

Para que los adultos mayores puedan mantener su independencia funcional, es indispensable que conserven una adecuada masa muscular (Copeland, Good, & Dogra, 2019; Romero-Arenas et al., 2013). Entre la segunda y la cuarta década de la vida, la fuerza y la masa muscular alcanzan su máxima expresión, y desde entonces se produce un declive progresivo (Tankó, Movsesyan, Mouritzen, & Svendsen, 2002).

Por otro lado, el músculo esquelético también sufre importantes cambios en relación a la edad (Copeland et al., 2019; Saleh et al., 2012). Con el paso del tiempo, disminuye su masa magra, es infiltrado con grasa y tejido conectivo, sufre una

disminución especialmente significativa de las fibras tipo 2, un desarreglo de las miofibrillas, la disminución de las unidades motoras, y una disminución del flujo sanguíneo (Kamel, 2003). Todos estos cambios se traducen en una menor capacidad del músculo para generar fuerza (Salech et al., 2012).

El fenómeno por el cual el ser humano pierde masa y función muscular asociada a la edad se le conoce como sarcopenia. Según Tournadre et al. (2019), la sarcopenia es un síndrome, y este, se caracteriza por que la musculatura esquelética de las personas, pierde masa de una forma generalizada y progresiva. Cuando empieza a aparecer en el ser humano, suele venir acompañado por distintos grados de inactividad física, como también de una reducción de la movilidad (Marcell, 2003; Masanés Torán et al., 2010; Tankó et al., 2002). Las personas ancianas que ven como la sarcopenia se va intensificando en sus organismos, experimentan un enlentecimiento de su marcha a la vez que también advierten como su capacidad para realizar ejercicios de resistencia se ve reducida. Por otro lado, no sólo la movilidad se ve afectada por la sarcopenia, sino que el metabolismo experimenta su influencia tanto en la regulación de la glucosa, como en la regulación de la masa ósea, el balance de las proteínas, o el control de la temperatura corporal por poner cuatro ejemplos (Karakelides & Nair, 2005).

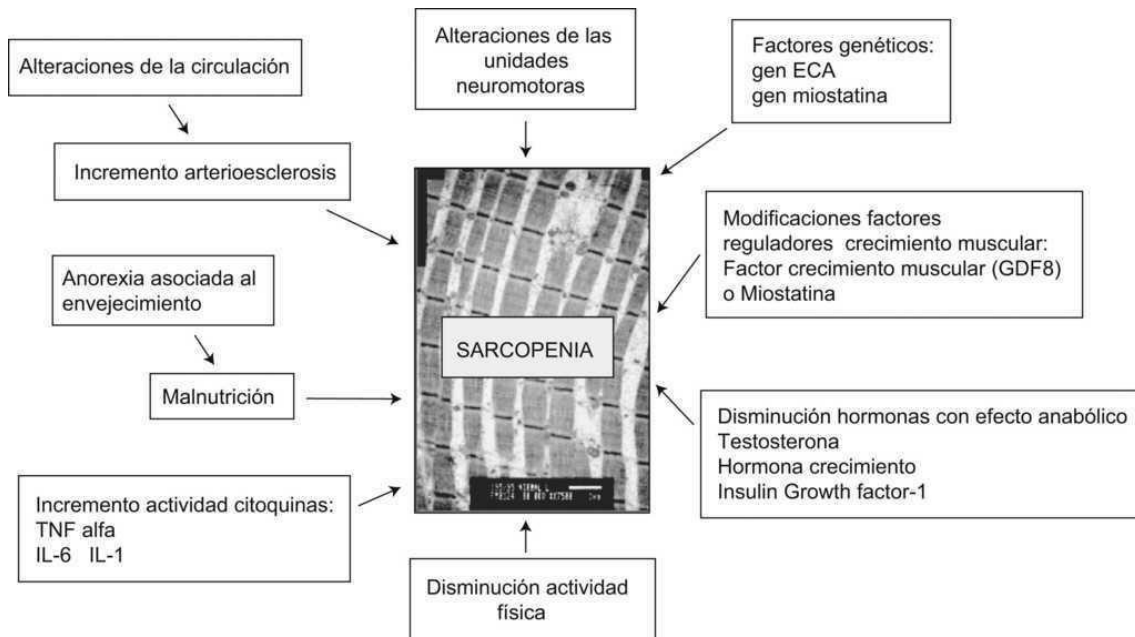


Figura 4. Factores implicados en el desarrollo de la sarcopenia. Extraído de Masanés Torán et al. (2010)

La sarcopenia además, es causante de una disminución de la fuerza lo que conlleva a una reducción de la capacidad del ser humano de realizar ejercicio físico. A su vez, es predictora de morbilidad y mortalidad en los adultos mayores, y se asocia a altísimos costos para los sistemas de salud (Tournadre et al., 2019).

b) Dinapenia

Tradicionalmente, cuando se ha tratado de definir la sarcopenia, se suele atribuir una vertiente funcional que engloba, por un lado, la fuerza muscular y por el otro, el rendimiento muscular. No obstante, varios autores defienden que la pérdida de masa muscular asociada al envejecimiento y el mismo proceso en la fuerza muscular son hechos separados, amén de una débil conexión entre sí, y por ello, deberían ser definidos de forma independiente (Mitchell et al., 2012).

Debido a esto, posteriormente al concepto de la sarcopenia, otro término empezó a cobrar importancia en relación con lo anterior, el de dinapenia. Dicho concepto se propuso en 2008 para definir la pérdida de la fuerza muscular relacionada con la edad, no causada por enfermedades musculares ni neurológicas (Clark & Manini, 2008; Clark & Manini,

2012). Son diversos los factores que pueden influir en su aparición, entre ellos, los que parecen tener mayor peso son: algunos estilos de vida, enfermedades crónicas, historia de caídas, pérdida de peso no explicada, factores psicológicos y quejas o percepción subjetiva de limitaciones (Manini & Clark, 2012).

Así pues, la pérdida de masa muscular y la pérdida de la fuerza no se dan de manera paralela. Según la revisión de Beudart, Zaaria, Pasleau, Reginster, & Bruyère (2017), son diversos los estudios epidemiológicos los que han mostrado una disminución de la fuerza muscular de 2 a 5 veces superior que la disminución de masa muscular en un mismo período de tiempo. Pese a que la masa muscular posee un papel importante en la fuerza muscular, la pérdida de masa muscular que se asocia al envejecimiento no es la única ni la principal explicación de la pérdida de la fuerza (Manini & Clark, 2012). A su vez, ganar o mantener masa muscular no evita necesariamente la pérdida de fuerza, hecho que podría explicarse debido a la atrofia y denervación de las fibras musculares (Beudart et al., 2017).

La figura 5 muestra el modelo teórico de dinapenia en el que se integran factores relacionados con el sistema nervioso y músculo esquelético (Clark & Manini, 2010).

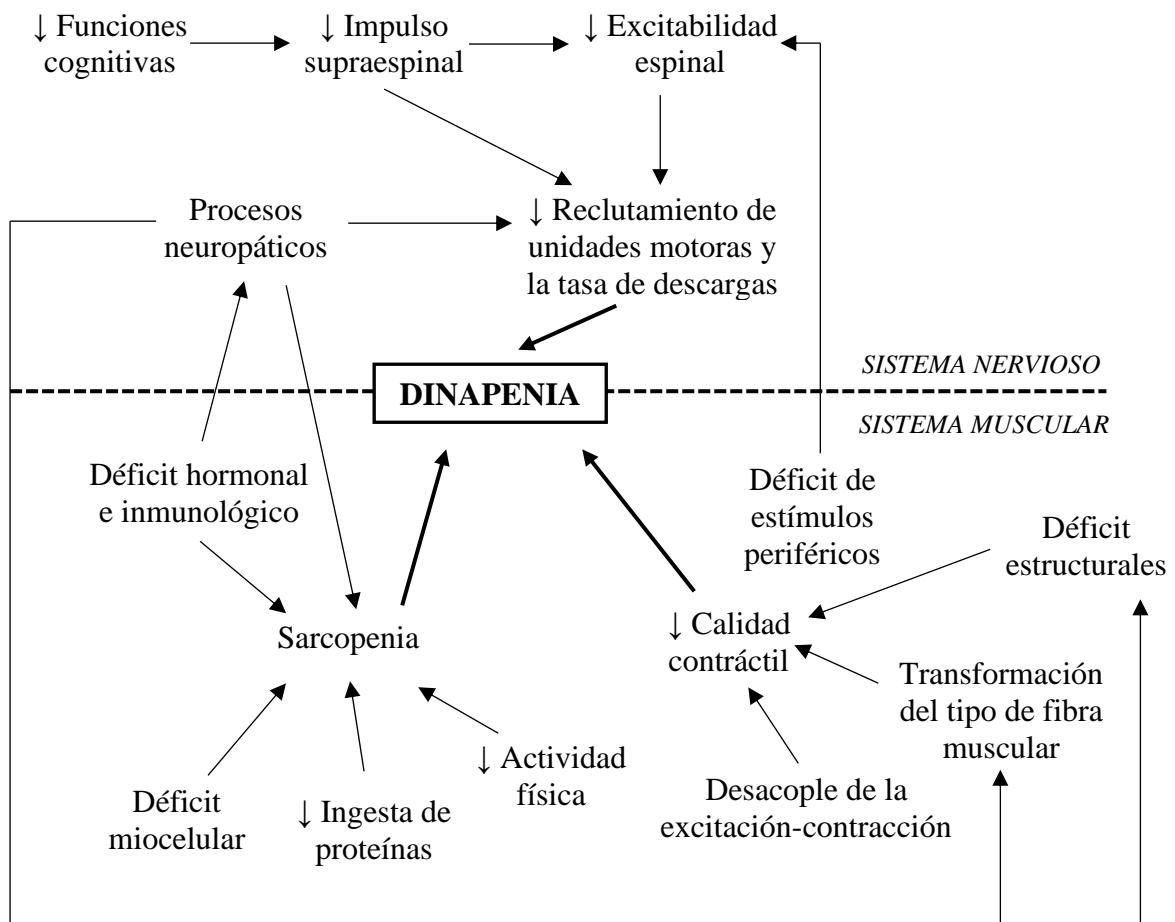


Figura 5. Modelo teórico de dinapenia. Extraído de Clark & Manini (2010)

Originalmente, se consideraba que la pérdida de músculo esquelético (sarcopenia) explicaba en gran medida la dinapenia frecuentemente observada en AM (Evans, 1995), sin embargo, estudios posteriores sugieren que otros factores fisiológicos, independientes del tamaño del tejido, juegan un papel importante para determinar que es lo que genera la debilidad muscular (Delmonico et al., 2009). Se pueden dividir pues, en dos factores, 1) propiedades de la fuerza muscular y 2) propiedades del músculo esquelético, ya que la producción de estas fuentes controla la capacidad de generar fuerza muscular (Clark, 2009; Clark & Manini, 2008; Clark & Manini, 2012; Duchateau & Enoka, 2002). Por ejemplo, es posible considerar que la capacidad del sistema nervioso para activar completamente el músculo esquelético de manera voluntaria, se ve afectada en sujetos con dinapenia, debido al déficit en la activación voluntaria (sistema nervioso central) causada por cambios potenciales, como una disminución del impulso excitatorio en las

neuronas motoras inferiores y/o en las neuronas motoras α , lo que podría dar como resultado tasas de descarga subóptimas en la unidad motora (Clark & Taylor, 2011). A su vez, los sujetos que padecen dinapenia podrían tener menos unidades motoras en funcionamiento, lo que en teoría, podría afectar a la fuerza muscular si se alcanzara un umbral crítico, particularmente, si la reinervación colateral no ocurre o se da de manera incompleta (Clark & Manini, 2012). Esta sería una ruta lógica debido a que los AM poseen menos unidades motoras en comparación con los adultos jóvenes (McNeil, Doherty, Stashuk, & Rice, 2005; Power et al., 2010). Es plausible de manera similar, que la capacidad del sistema muscular para generar fuerza eficientemente se vea alterada debido a la dinapenia, a causa de cambios potenciales en el proceso de acoplamiento excitación-contracción (Delbono, 2011; Russ, Grandy, Toma, & Ward, 2011).

Por otro lado, la dinapenia se considera un factor relevante para evitar la pérdida de independencia funcional debido a su elevado valor predictivo de riesgo de caídas y de funcionalidad para realizar actividades de la vida diaria en los AM (Bean, Kiely, LaRose, & Leveille, 2008; Manini & Clark, 2012). Con respecto al impacto de la dinapenia en la mortalidad, Newman et al. (2006) observaron que la fuerza muscular a la hora de realizar una flexión y extensión de la rodilla estaba fuertemente relacionada con la mortalidad, especialmente tratándose del género femenino.

Así pues, es relevante dar constancia de que pese a los diferentes cambios estructurales fruto del envejecimiento fisiológico en el sistema musculoesquelético: tanto la sarcopenia y dinapenia, no deben ser considerados como estados de “enfermedad”, sino como condiciones que se traducen en un déficit agudo e incapacidad funcional, con comorbilidades y mortalidad asociadas (Ruiz et al., 2008), y por lo tanto, tienen tratamiento para disminuir su pendiente descendente, no siendo causas directas de discapacidad.

2.3.5. Efectos sobre la capacidad cognitiva

El paso de los años afecta al ser humano en todos los sentidos. La concepción de las personas sobre la vejez, suele enfocarse por norma general en los cambios fisiológicos que experimentan en su propio cuerpo. Sin embargo, un aspecto muy importante y de gran interés, son los efectos psicológicos que se van sucediendo al llegar a la tercera edad.

Es importante tener en cuenta que, el proceso de envejecimiento en sí, implica ciertos cambios neurobiológicos importantes, que suponen una disminución del número de neuronas y de conexiones sinápticas en ciertas estructuras cerebrales (Cabeza, Nyberg, & Park, 2016). Esto generalmente afecta a la memoria la cual se ve reducida, y de esta manera, con el paso del tiempo son más los adultos que empiezan a presentar olvidos y fallas en su memoria y su capacidad de atención, y que tiene por consecuencia, el incremento en los últimos años del número de patologías asociados a esta pérdida de memoria (Duzel, van Praag, & Sendtner, 2016).

Según Duzel et al. (2016), varios cambios cognitivos asociados al envejecimiento, se traducen en diversas enfermedades neurodegenerativas (enfermedad de Alzheimer, demencia frontotemporal, demencia por cuerpos de Lewy, etc.). Son varias las características clínicas que estas enfermedades mantienen en común, a destacar, el deterioro cognitivo progresivo, y la pérdida de independencia y capacidad para realizar las actividades de la vida diarias que va asociada a este deterioro (Hickman, Faustin, & Wisniewski, 2016).

Otros estudios, hablan ya no solo de los procesos de degeneración cognitiva, sino del concepto del bienestar psicológico. Sin embargo, a la hora de hablar de estos efectos psicológicos del envejecimiento, hay que tener en cuenta que el constructo del bienestar psicológico se ha desarrollado sin precisión en diversas investigaciones (Díaz et al., 2006; George, 2006).

Son varios los expertos que relacionan los conceptos de bienestar psicológico y felicidad desde una perspectiva hedónica, pero a esto hay que añadirle el desarrollo de las capacidades humanas. Sea cual sea el caso, el bienestar psicológico se corresponde con un juicio subjetivo, global y relativamente estable de satisfacción con la vida y la moral de las personas (George, 2006). De acuerdo a este planteamiento, Ryff (1989) planteó un modelo multidimensional de bienestar psicológico que responde seis dimensiones: Auto-aceptación; relaciones positivas con otras personas; autonomía; dominio del entorno; propósito en la vida; y crecimiento personal. El proceso de envejecimiento no sólo tiene consecuencias psicológicas o fisiológicas, también podemos destacar efectos sociales que el tiempo va marcando en las personas. La forma de relacionarse, interactuar con los demás, la forma de conectar con el mundo, no es igual entre jóvenes y adultos, y estos cambios también se dan cuando uno llega a la tercera edad (Seeman & Crimmins, 2001). Muchas veces, estos cambios vienen por las limitaciones que la edad conlleva, como la pérdida progresiva de autonomía, y, por ende, la dependencia hacia otras personas. Esto se traduce en que las personas ancianas, en algunos casos, se vean obligados a ver sus redes sociales reducidas, debido a sus circunstancias. El caso es que diversas investigaciones demuestran que una vida social activa, con unas buenas redes sociales y con actividad en la comunidad, protege de la mortalidad y predice el mantenimiento de la capacidad funcional y la función cognitiva (Chopik, 2017). Sin embargo, estos resultados proceden de estudios realizados principalmente en el ámbito anglosajón, siendo muy escasos los estudios realizados en países que, como en España, se reclaman de la cultura mediterránea, donde especialmente en el caso de las personas mayores, la estructura de la red familiar es muy distinta y, además, está sometida a grandes transformaciones. Se ha pasado en pocos años de la familia extendida, donde convivían varias generaciones, a la familia nuclear y los hogares unipersonales. Reducido su papel

en la familia, algunas personas mayores, y en mayor medida las mujeres mayores (MM), sienten una pérdida de continuidad entre los sucesos pasados y los actuales, entre su vida anterior centrada en la familia y su vida actual con un contrato intergeneracional muy reducido (Chopik, 2017). Esta pérdida de continuidad lleva a una crisis del sentimiento de identidad y favorece la depresión y el deterioro funcional. Si estas personas no están preparadas para asumir un papel social fuera del ámbito doméstico, tenderán a ser relegadas y a hacerse invisibles (Seeman & Crimmins, 2001). El otro grupo de personas mayores, que se encuentra en buena salud y cuyo nivel de instrucción y experiencia vital las capacita para una vida productiva, reclaman un papel activo en la sociedad. En su mayoría hombres, aunque también un número creciente de mujeres, protestan ante la rigidez de las estructuras sociales que les impiden seguir contribuyendo a la sociedad en que viven y les coloca en situaciones de exclusión que favorecen el deterioro funcional (Hickman et al., 2016).

La evidencia empírica sobre la asociación de distintos aspectos de las relaciones sociales (diversidad de la red social, participación en actividades comunitarias, apoyo emocional recibido, rol jugado en la vida de los demás, disponibilidad de un confidente, etc.) con el proceso de salud-enfermedad ha llevado a la elaboración de distintos modelos conceptuales especialmente útiles para la investigación científica (Chopik, 2017). Berkman & Glass (2000), al estudiar cómo influyen las relaciones sociales en la salud, proponen un modelo en el que las redes sociales de un individuo actúan por medio de mecanismos psicosociales (entre los que se incluyen el apoyo social y la vinculación social) sobre unas vías comunes, fisiológicas (eje hipotálamo-hipofisario, reactividad cardiovascular, sistema inmune, etc.), psicológicas (sentimiento de bienestar, autoestima, locus de control, capacidad de adaptación, etc.) o comportamentales (hábitos de vida saludables o nocivos), que son las que acaban produciendo los efectos sobre la salud.

2.3.6. Otros efectos

Como ya se dijo anteriormente, el envejecimiento afecta a todos los órganos y sistemas del ser humano. En general todas y cada una de las células del organismo, van perdiendo sus capacidades fisiológicas, y no son capaces de mantener su equilibrio funcional (Kanasi et al., 2016).

Diversos estudios tanto clínicos como experimentales, muestran que el envejecimiento implica una serie de cambios morfológicos y fisiológicos en todos los tejidos (Safar, 2010). De esta manera, su conocimiento permite comprender las diferencias fisiopatológicas entre los adultos mayores y el resto de la población. Así pues, los cambios asociados al envejecimiento son múltiples, y su análisis completo podría ser prácticamente interminable (Khan, Singer, & Vaughan, 2017).

Cuando se habla de los cambios fisiológicos que se van dando con el paso del tiempo, se pueden distinguir entre cambios morfológicos y cambios funcionales. De esta manera, son distintos los efectos que aparecen en cada uno de los tejidos.

2.3.6.1. Sistema cardiovascular

Con el paso de los años las arterias también envejecen. Esto trae como consecuencia, que vayan adquiriendo rigidez, situación que ocurre como resultado de los cambios estructurales de la pared arterial (principalmente en las arterias de conducción) y esto suele preceder el desarrollo de la hipertensión arterial (Salech, Jara, & Michea, 2012).

Otros cambios funcionales que se dan en el sistema cardiovascular son el aumento de la disfunción endotelial (Safar, 2010), caracterizada como la disminución de la función vasodilatadora dependiente del endotelio y el desarrollo de procesos inflamatorios (Van Craenenbroeck & Conraads, 2010). Estos se pueden observar desde la infancia y precede a los cambios estructurales del vaso sanguíneo. Teniendo en cuenta lo mencionado a cerca

del envejecimiento arterial y de la disfunción endotelial, cabe destacar que todas las condiciones que aceleran su remodelado (arterial) y la disfunción, pueden producir aumentos más rápidos de la rigidez arterial (hipertensión arterial, diabetes mellitus, síndrome metabólico y enfermedad renal crónica) (Mikael et al., 2017).

Con el envejecimiento se observa también que las arterias de resistencia sufren una hipertrofia (30-300 micrómetros de diámetro), y que esto provoca un engrosamiento de la pared y reducción del lumen. Por otro lado, la presión arterial sistólica aumenta de forma continua con la edad, mientras que la diastólica aumenta solo hasta los 55 años y luego se estabiliza o disminuye levemente (Salech et al., 2012).

El sistema cardiovascular también envejece, y de este modo, el anciano ve con el envejecimiento como proliferan los depósitos de lipofuscina (Franco et al., 2005). A su vez, sufre una degeneración leve de las células del músculo cardíaco, y un engrosamiento y rigidez de las válvulas del corazón (Wray, Uberoi, Lawrenson, & Richardson, 2006). El nódulo sinusal puede perder algunas de sus células o verse afectado por fibrosis o depósitos de grasa (Salech et al., 2012). Experimenta un deterioro cardíaco con la presencia de enfermedades cardíacas las cuales puede producir arritmias, tales como la fibrilación auricular. El corazón aumenta de tamaño, pero a expensas del ventrículo izquierdo y, además, la pared cardíaca aumenta de grosor lo que supone una disminución de la sangre que bombea, y un llenado más lento (Sisamón, 2012).

2.3.6.2. Sistema digestivo

Según Sisamón (2012), la principal función del tubo gastrointestinal que más se va a afectar a causa del envejecimiento, es la motora. Esto, supondrá trastornos funcionales y orgánicos en las personas mayores, y a consecuencia de ello, cambios en la función absorbente y secretora. A su vez, la pérdida de dientes se verá acelerada, además de una disminución en la secreción salivar, lo que provoca una menor ingesta calórica. Se

producen a su vez una disminución de los jugos gástricos y vaciamiento del estómago, lo que puede afectar al proceso digestivo. Por otra parte, el hígado sufre una disminución progresiva en tamaño y peso cuando las personas superan los 50 años. Destaca también, que, en caso de glucemia, el páncreas tendría una menor capacidad de respuesta debido a cambios manifiestos en la estructura con el envejecimiento (Kim & Pritts, 2017).

2.4. Tratamiento de los efectos del envejecimiento

El envejecimiento es un proceso natural que el hombre no puede detener, de la misma manera que es inevitable el paso del tiempo. Tarde o temprano, los síntomas del envejecimiento van apareciendo y acrecentándose en el cuerpo del ser humano, de forma progresiva e ininterrumpida. Este fenómeno les ocurrirá a todas las personas que alcancen la tercera edad sin excepción, y no hay nada que se le pueda hacer para detenerlo (Copeland et al., 2019).

Lo que sí se puede hacer, y se ha investigado, desarrollado y perfeccionado desde siempre, es la acción de retardar el proceso del envejecimiento (Romero-Arenas et al., 2013). Los efectos de la edad, pueden tardar más tiempo en aparecer si el hombre, el cual ha desarrollado distintos tratamientos para poder mantener la autonomía y la funcionalidad el mayor tiempo posible, toma medidas para ello. Rápidamente, la gente suele pensar en las pautas más frecuentes como puedan ser controlar la alimentación, utilizar cremas para el envejecimiento de la piel, o dejar de fumar. Sin embargo, en la actualidad, las consideraciones que el hombre puede llegar a tener gracias al progreso son mucho mayores en este ámbito, de esta manera, se ha investigado en distintos campos y áreas de la investigación, hasta el punto de desarrollar distintos tratamientos contra los efectos del envejecimiento, y diferenciamos entre tratamientos conductuales, tratamientos farmacológicos, y tratamientos enfocados en el ejercicio físico (Chodzko-Zajko et al., 2009).

2.4.1. Tratamientos conductuales

De esta manera, y con el fin no ya de vivir más tiempo en general, sino de vivir más tiempo con calidad de vida, son muchos los tratamientos que han ido apareciendo a lo largo de los años los cuales cumplen esta finalidad, y cada uno enfocado a un área o utilizando un método distinto.

A tenor de lo expuesto, cabe destacar que muchos investigadores ahondaron en el ámbito cognitivo-conductual con el fin de mejorar en la medida de lo posible, utilizando sencillas pautas al día, las condiciones en las que viven los ancianos a causa de su edad, tal y como se expondrá a continuación.

Moreno et al. (2006) demostraron que con ciertas conductas que se les den a las personas mayores para que las realicen en su día a día, se puede revertir hasta cierto grado, algunos de los efectos fisiológicos que el paso del tiempo tiene en el ser humano, como puede ser la presión arterial, sistólica y diastólica. Su tratamiento consistió en cuatro estrategias cognitivo conductuales: Primero un entrenamiento progresivo de relajación, que además englobaría por un lado la relajación progresiva de Jacobson (técnica que se basa en concentrarse en la contracción de pequeños grupos musculares), y por otro lado la relajación por respiración (respiración abdominal). Segundo una reestructuración cognitiva, basada en un proceso de identificación y evaluación de sus cogniciones, para demostrar al anciano el impacto negativo de ciertos pensamientos y conductas. La tercera de las estrategias de Moreno et al. (2006) es una psicoeducación, en la que enseñaban a los ancianos a entender más sobre la hipertensión arterial y así adquirir habilidades para controlar sus efectos. Y la cuarta es la inserción de conductas y hábitos saludables.

Por otro lado, estas mismas técnicas, pueden ser utilizadas en el área del envejecimiento cognitivo. Estas intervenciones, son beneficiosas, por ejemplo, en síntomas propios de la edad como son la ansiedad y la depresión. En este sentido, se

pueden encontrar estudios que han profundizado en el área cognitiva como es el caso de Contreras, Moreno, Martínez, Araya, & Livacic-Rojas (2006), quienes hicieron un trabajo paralelo al de Moreno et al. (2006) y que utilizando las mismas estrategias conductuales postularon que estas servían para disminuir también los síntomas cognitivos antes mencionados.

Otros síntomas propios de la edad como son el insomnio crónico, también pueden ser tratados en personas mayores con tratamientos conductuales (Buysse et al., 2011). Para ellos se utilizan tratamientos conductuales que consisten en: Reducir el tiempo que los ancianos permanecen en sus camas, aconsejarles que se levanten todos los días a la misma hora independientemente de lo que hayan dormido, estipular que no se acuesten hasta que el sueño comience a aparecer, y desaconsejar las siestas.

Cuanto mayor es la edad de la persona, más se acrecientan ciertas sensaciones, y una de ellas es la preocupación excesiva. En tal sentido, este fenómeno de relevancia clínica, puede ser abordado con un tratamiento conductual (Nuevo & Montorio, 2005). Tratamientos como este, tienen en su haber, técnicas como el entrenamiento en darse cuenta. Este entrenamiento va dirigido a ayudar a personas a que incrementen la conciencia de sus preocupaciones de cada día, y a que distingan entre situaciones o problemas en función de dos dimensiones: El grado en el que se refieren o no amenazas o problemas reales y el grado en el que se pueden o no modificar o solucionar. Otra estrategia que se puede utilizar para reducir la preocupación excesiva en los ancianos, es el entrenamiento en orientación al problema. Este entrenamiento se ha utilizado generalmente para situaciones en las que la solución de problemas estuviera disponible. La relajación muscular progresiva es otra técnica (ya comentada anteriormente) y el control de estímulos, el cual consiste en establecer un periodo diario de preocupación de aproximadamente media hora, a realizar siempre a la misma hora y en el mismo lugar, al

que se pospondrán todas las preocupaciones que vayan apareciendo durante el día. Y, por último, la discusión de creencias irracionales asociadas a la preocupación (Nuevo & Montorio, 2005).

2.4.2. Tratamientos farmacológicos

Otra forma muy común de tratar los efectos del envejecimiento es por medio de fármacos. El mundo de la medicina ha ido evolucionando desde que Alexander Fleming inventó la Penicilina en 1928, y con el progreso y el desarrollo, el área de los medicamentos ha ido evolucionando para adaptarse a las distintas enfermedades, dolencias, síndromes o fenómenos que se dan en el ser humano, y el proceso del envejecimiento, no es una excepción (Rees et al., 2011). La población perteneciente a la tercera edad es la que más fármacos y medicamentos consume (Valderrama, Rodríguez, Palacios, Gabarre, & Pérez del Molino, 1998), si bien, muchas veces parecen no ser conscientes del riesgo al que se enfrentan cuando una persona se medica en exceso. La consecuencia puede ser sufrir reacciones adversas a los medicamentos e interacciones farmacológicas, siendo mayor el riesgo, pese a que cualquier persona es vulnerable, en adultos mayores (Delgado et al., 2009). A su vez, los distintos tratamientos existentes, no son igual de eficaces en adultos mayores sanos que en adultos mayores enfermos, es imprescindible saber cuáles existen y son adecuados para cada persona en particular (López-Messa, 2005).

Los tratamientos farmacológicos pueden utilizarse para contrarrestar diversos efectos producidos por el paso del tiempo, de esta manera, encontramos que a partir de diferentes hallazgos experimentales, se han desarrollado terapias farmacológicas para los trastornos cognitivos de la vejez que afectan a la memoria y la enfermedad del Alzheimer, utilizando fármacos que incrementan la actividad de la neuronas colinérgicas del cerebro anterior y que se proyectan a la corteza cerebral y al hipocampo (Cummings, Lee,

Mortsdorf, Ritter, & Zhong, 2017). Los tratamientos farmacológicos que sirven a este propósito son los precursores de la acetilcolina, los agonistas de sus receptores, los inhibidores de la acetilcolinesterasa (es una encima encargada de la degradación de la acetilcolina), el factor de crecimiento neuronal, fosfatidylserina y los fármacos nootrópicos (piracetam, aniracetam y oxiracetam), los cuales mejoran la hipofunción colinérgica y actúan en modelos experimentales como estimuladores cognitivos, mejorando el desempeño amnésico de los sujetos (Bentosela & Mustaca, 2005).

En relación a la enfermedad del Alzheimer, diversos estudios tratan con fármacos que se utilizan en adultos mayores para prevenir o contrarrestar la demencia como es el caso de Bonis et al. (2013) o de Hoyos et al. (2016) cuyos pacientes pertenecientes a la tercera edad, eran tratados con donepezilo (N06DA02), rivastigmina (N06DA03), galantamina (N06DA04) y memantina (N06DX01). Estos fármacos, retrasan el ingreso de los pacientes en las residencias de cuidados y parecen prolongar su supervivencia.

En cuanto a otras enfermedades neurocognitivas como el Parkinson, existen agentes que protegen las neuronas que mueren con esta enfermedad. Son neuroprotectores o fármacos modificadores de la enfermedad, y su actividad puede prevenir su aparición en sí (denominada prevención primaria) o detener la evolución del Parkinson una vez establecido (denominado prevención secundaria) (Rees et al., 2011). Se considera que los fármacos que están orientados a disminuir la presión arterial, pueden ser efectivos en la prevención del Parkinson (Rees et al., 2011).

Teniendo en cuenta esto, ya se ha visto que, en general, uno de los síntomas fisiológicos más comunes una vez entrada la tercera edad, es el aumento de presión arterial. Los ancianos que sufren hipertensión cuentan con una variada lista de medicamentos antihipertensivos, en los que se engloba los inhibidores de la enzima de conversión de la angiotensina (IECA), los diuréticos, los calcio-antagonistas y los

betabloqueantes (Martín et al., 2002). Pese a que no es bueno depender de los fármacos, si los adultos mayores que sufren hipertensión, cumplen con la terapia (correctamente indicada por el médico) e, idealmente eliminan factores de riesgo como pueden ser el consumo de tabaco, el sedentarismo o la obesidad, pueden reducir la tasa de complicaciones relacionadas con la hipertensión, y prolongar la sobrevida (de Hoyos-Alonso et al., 2016).

Para prevenir la osteoporosis, los adultos mayores también encuentran la posibilidad de recurrir a fármacos que les permitan luchar contra la reducción de la masa ósea propios de la edad. La vitamina D, y el calcio asociado a bifosfonatos son parte de una lista de terapias en la que también aparecen los moduladores de los receptores estrogénicos (SERM), las terapias hormonales sustitutivas (THS), los antiresortivos y los osteoformadores. Incluso se pueden combinar entre ellos algunos de los fármacos en pos de obtener un mayor resultado (Hiligsman et al., 2015).

Enfermedades del sistema respiratorio que se agravan con la edad como el caso del asma, también son tratadas por los ancianos con la ayuda de fármacos (Boulet, 2016). El asma es una enfermedad crónica que actualmente se puede controlar adecuadamente con los medicamentos que existen. Una “cámara de inhalación”, de las empleadas para administrar medicamentos en aerosol, puede estar indicada en estos pacientes, ya que, permite que llegue más medicamento a las vías respiratorias finas. La aparición en los últimos años de medicamentos que contienen en un único dispositivo broncodilatadores y corticoides inhalados en polvo seco, que permiten ajustar la medicación a las necesidades del paciente, ha mejorado la adherencia al tratamiento por parte de los ancianos que padecen asma (Boulet, 2016).

Incluso problemas no tan graves como los mencionados los cuales se agravan con el paso de los años encuentran dentro de los tratamientos farmacológicos una posible

solución, y este es el caso de la disfunción eréctil. Los síntomas que se sufren con la disfunción eréctil, son tratados con fármacos como el sildenafil, el cual no cura la disfunción, pero controla la enfermedad logrando en los pacientes una mejoría significativa. Siendo esto lo que los ancianos quieren, este medicamento, marcó el inicio de la tercera revolución sexual cambiando para siempre el abordaje de los problemas de esta índole (Goldstein, Tseng, Creanga, Stecher, & Kaminetsky, 2016).

2.4.3. Tratamientos a través del ejercicio físico

Finalmente, el tercer recurso para contrarrestar los efectos del envejecimiento, es la práctica de ejercicio físico. La actividad física, en general siempre se ha relacionado con la salud, y siempre es recomendada por los médicos para prevenir lesiones y enfermedades o para revertirlos (Copeland et al., 2019; Fragala et al., 2019; García-Molina et al., 2010). Aunque la actividad física en ninguna de sus áreas puede detener el proceso de envejecimiento biológico, existen evidencias de que la práctica de un ejercicio regular puede minimizar los efectos fisiológicos de un estilo de vida sedentario, y a su vez, mejorar la calidad de vida reduciendo el desarrollo de las enfermedades crónicas y sus consecuencias (Chodzko-Zajko et al., 2009).

Ha quedado patente que el proceso de envejecimiento conlleva un deterioro del organismo que puede desencadenar en muchos fallos del organismo que dificultan la funcionalidad del ser humano (Kanasi et al., 2016). A su vez, la población de adultos mayores, es menos activa físicamente en comparación con las personas jóvenes aun necesitando de los beneficios que el ejercicio les aporta (Chodzko-Zajko et al., 2009). Por ello, los tratamientos enfocados en el ejercicio físico para tratar el proceso de envejecimiento, se han puesto en práctica desde hace muchos años, y con el tiempo, se han ido investigando, desarrollando y perfeccionando.

Tradicionalmente, siempre se han organizado actividades para las personas mayores, quizás no siempre bien planteadas y con las intensidades adecuadas, pero generalmente, la mayoría de profesionales suelen tener claro que los ancianos necesitan por lo menos dos elementos en su rutina, el entrenamiento aeróbico y los ejercicios de fuerza (Romero-Arenas et al., 2013). Por otro lado, y ya matizando, se puede encontrar en otros estudios, que un entrenamiento ideal para una persona perteneciente a la tercera edad deberá contar también con ejercicios que trabajen la flexibilidad y el equilibrio (Chodzko-Zajko et al., 2009).

Según Ahlskog et al. (2011), con el objeto de mantener el organismo activo y el corazón trabajando a un ritmo adecuado, se encuentran una gran variedad de tratamientos para personas mayores enfocados en actividades aeróbicas tales como caminar, de forma organizada en grupos o individualmente, por la calle o en el gimnasio, el cual también ofrece otras posibilidades de realizar trabajo cardiovascular como la elíptica o la bicicleta estática (por poner dos ejemplos). Rutinas elaboradas en clubes deportivos son buenas opciones, incluso el baloncesto a una intensidad moderada y correctamente caracterizado podría ser positivo. Por otro lado, Ahlskog et al. (2011) postuló también que ciertas actividades beneficiosas pueden realizarse sin alejarse de casa, como quitar nieve con una pala, barrer o rastrillar hojas, o cualquier trabajo de jardinería.

A su vez, con más asiduidad encontramos común el aplicar en adultos mayores, entrenamientos de fortalecimiento muscular cada vez de mayor intensidad (Chodzko-Zajko et al., 2009). Sin embargo, esto no significa que estos tratamientos o programas no requieran determinadas indicaciones. Pese a ser personas ancianas desentrenadas o incluso frágiles, está demostrado que cualquiera puede realizar entrenamientos de fortalecimiento muscular, teniendo en cuenta que tendrán que iniciar su programa con una intensidad menor (Bauman, Merom, Bull, Buchner, & Fiatarone Singh, 2016). Si el

objetivo es mover peso con una contracción muscular, la resistencia inicial deberá andar alrededor de un 40% o un 50% de la fuerza de 1 repetición máxima (RM), y realizar más repeticiones en estos casos (entre 10 y 20), para luego ir aumentando la intensidad (Garber et al., 2011). Teniendo en cuenta que el potenciar la fuerza muscular de las personas mayores persigue el fin de aumentar su funcionalidad, son diversos los estudios que indican que el riesgo de sufrir caídas accidentales, y fracturas óseas, está estrechamente relacionado con la disminución de dicha fuerza muscular (Bonney et al., 2007; Chan et al., 2007). Existen investigaciones que han demostrado que realizar tres series de 8 a 12 repeticiones a una intensidad leve o moderada (20%-50% de 1RM) aumenta la fuerza y la energía y mejora el equilibrio de las personas mayores (Garber et al., 2011).

En relación a lo expuesto, cabe destacar que las caídas accidentales son un elemento importante al que se enfrentan los ancianos cuando su edad es cada vez más avanzada, ya que frecuentemente tienen como consecuencia, lesiones musculares o fracturas óseas (García-Molina et al., 2010). Para tratar estos problemas, se han ido planificando muchas formas de reducir estas caídas por medio del ejercicio físico. Según los estudios realizados hasta la fecha, estos programas de entrenamiento suelen incluir intervenciones tales como el entrenamiento aeróbico, el desarrollo del equilibrio, entrenamientos de resistencia muscular, el entrenamiento de la coordinación, y los programas de varios componentes los cuales combinan fuerza, resistencia y equilibrio (Cadore, Rodríguez-Mañas, Sinclair, & Izquierdo, 2013). Los programas organizados pueden ser positivos para prevenir las caídas accidentales, ya sean en centros deportivos de forma grupal, o con actividades para hacer en el propio hogar. Muchas personas mayores son reacias a acudir a centros, o no pueden asistir a dichas clases colectivas, según estudios, existen programas de ejercicios a domicilio cuya efectividad ha permitido reducir las caídas en un 35% (Sherrington, Tiedemann, Fairhall, Close, & Lord, 2011).

A su vez, existe la opción de combinar entrenamientos de resistencia con actividades de Yoga, para reducir el riesgo de caídas accidentales (Cadore et al., 2013). El Tai Chi, en este sentido, está considerado una actividad que produce muchos efectos beneficiosos sobre ciertos parámetros funcionales en sujetos ancianos frágiles, entre ellos el equilibrio, imprescindible para abordar el problema de las caídas. De cara a desarrollar este parámetro, en los tratamientos se deberá tener en cuenta que el equilibrio debe progresar de ejercicios fáciles a más difíciles (Cadore et al., 2013). La revisión Cochrane (Gillespie et al., 2003) aconseja el Tai Chi, con la realización de ejercicios al menos durante 15 semanas. La *Registered Nurses' Association of Ontario* (RNAO) aconseja un programa de Tai Chi superior a 4 meses para pacientes que no tengan historial de fractura por caída. Posteriormente, ensayos clínicos han confirmado asimismo la utilidad del Tai Chi (Huang, Feng, Li, & Sheng, 2017).

Por otro lado, una combinación de actividades de resistencia aeróbica y de fortalecimiento muscular, parece ser más eficaz que cualquier forma de entrenamiento en solitario para contrarrestar los efectos de la vida sedentaria, en la salud, el funcionamiento del sistema cardiovascular y el de los músculos esqueléticos de personas mayores (Khan et al., 2017). Además, también es conocido que un entrenamiento de intensidad elevada, es más efectivo que otros de intensidad baja o moderada como tratamiento de algunas enfermedades establecidas y síndromes geriátricos como por ejemplo la diabetes tipo 2, la depresión clínica, la osteopenia, la sarcopenia o la debilidad muscular (Chodzko-Zajko et al., 2009).

2.5. El ejercicio físico y las personas mayores

Se han demostrado muchas evidencias científicas de que la actividad física produce numerosos beneficios en la salud de las personas mayores. No obstante, quizá por tradicional consideración ya desechada de que el envejecimiento necesita reposo y

tranquilidad, o bien por la tendencia a la inactividad propia de la tercera edad, parece que el ejercicio físico quede en segundo plano justo en el momento de la vida en el que podría resultar más necesario (Sisamón, 2012; Vogel et al., 2009).

La práctica de actividad física es una de las principales estrategias no farmacológicas con las que se puede contar para mantener a la población mayor en un estado de salud sano (Bauman et al., 2016). El ejercicio físico practicado con regularidad y adaptado a la realidad de los adultos mayores, está asociado con un menor riesgo de mortalidad (Chodzko-Zajko et al., 2009). Sobre todo, como consecuencia de un efecto protector cardiovascular y de síndrome metabólico, el ejercicio reduce el riesgo de que los ancianos sufran infartos de miocardio y desarrollen diabetes tipo II (Lachman et al., 2018; Lima et al., 2019). Además, la práctica de ejercicio físico también ha sido probada como una eficaz medida de prevención de algunos tipos de cáncer (por ejemplo, el cáncer de colon y mama) (Garber et al., 2011), también incrementa la densidad mineral ósea, y, como se vio anteriormente, reduce el riesgo de sufrir caídas accidentales (Sherrington et al., 2011). A su vez, las personas ancianas que practican ejercicio reducen el dolor osteoarticular, mejoraran su función músculo-esquelética, cardio-circulatoria, respiratoria y endocrino-metabólica (Bauman et al., 2016). En general el ejercicio tiene efectos beneficiosos en casi la totalidad de las funciones orgánicas del adulto mayor, favoreciendo la mejora de su funcionalidad, lo cual se relaciona con una mejor salud, mejor respuesta adaptativa y mayor resistencia a la enfermedad (Chou, Hwang, & Wu, 2012; Lachman et al., 2018). Por otro lado, la actividad física mejora las funciones cognitivas de los ancianos, lo que lleva a una reducción del riesgo de padecer demencia y Alzheimer (Bonis et al., 2013). Además, estudios demuestran que los beneficios psicosociales del ejercicio adquieren una relevancia especial permitiendo a nuestros

mayores luchar contra el aislamiento, la depresión, la ansiedad y favoreciendo la autoestima y la cohesión social (García-Molina et al., 2010).

2.5.1. Efectos sobre la composición corporal

A día de hoy, el exceso de masa grasa supone un importante riesgo para la salud a lo largo de la vida, y la prevalencia en la tercera edad se destaca en los países industrializados. En España, el 56% de la población mayor de 65 años padece obesidad central, considerado como una de los principales indicadores de mortalidad en esta población (Gomez-Cabello et al., 2011; Marqueta de Salas, Martín-Ramiro, & Juárez Soto, 2016).

Siguiendo esta línea, la obesidad en AM es asociado con un elevado riesgo de síndrome cardiometabólico, discapacidad física, diabetes tipo II e incluso demencia (Janssen & Mark, 2007; Lima et al., 2019), suponiendo una disminución de la salud y la calidad de vida (Crow et al., 2019).

La literatura aporta diferentes estudios que demuestran la existencia de una asociación inversa entre la actividad física y el sobrepeso u obesidad en la tercera edad (Ferra et al., 2012; Wang, van Belle, Kukull, & Larson, 2002) además de una reducción en la pérdida funcional (Lima et al., 2019). A su vez, se sugiere que la actividad física es capaz de revertir los cambios de la composición corporal en AM (Garatachea, Torres Luque, & González Gallego, 2010), lo que parece indicar que la práctica de ejercicio físico es un buen indicador de salud respecto a la masa grasa en el estilo de vida en la tercera edad.

El ejercicio aeróbico ha sido el más recomendado a la hora de tratar el sobre peso o la obesidad en lugar del entrenamiento de la fuerza, ya que se etiene que este tipo de actividad genera un gasto de energía superior. En tal sentido, Chodzko-Zajko et al. (2009)

concluyen en su revisión, que el ejercicio aeróbico aplicado a una intensidad moderada resulta un recurso eficaz para reducir la masa grasa en el AM con sobrepeso, pese a no mostrar efectos significativos en la masa magra. No obstante, el entrenamiento de la fuerza, ha reportado mejoras de cara a la prevención de riesgo cardiovascular y dislipidemia (Hurley, Hanson, & Sheaff, 2011; Williams et al., 2007), siendo capaz de mejorar, como se ha dicho previamente, el control glucémico en la diabetes tipo II (Lima et al., 2019). Se puede concluir pues, que el entrenamiento de la fuerza favorece también la reducción de la masa grasa, circunstancia desdeable en el AM (Montero-Fernández & Serra-Rexach, 2013; Porter Starr, McDonald, & Bales, 2014). Por otro lado, hay estudios que demuestran que el ejercicio y la pérdida de peso, mejoran la función física y la fragilidad de los ancianos. A su vez, afirman que el simple hecho de perder peso con dieta, solo mejoraría la fragilidad del adulto mayor, y que es más efectivo combinarlo con ejercicio físico pues así aumenta el número de efectos beneficiosos sobre el organismo (Khan et al., 2017).

Debido a esto, el entrenamiento de la fuerza posee una mayor presencia en los programas destinados a mejorar la composición corporal (Paoli, Moro, & Bianco, 2015), ya que, favorecen el control del peso corporal, aumentando el gasto metabólico basal (Hunter et al., 2008; Zhang et al., 2002) y el uso de grasas como combustible (Hunter, McCarthy, & Bamman, 2004), permitiendo disminuir la masa grasa total y visceral (Chodzko-Zajko et al., 2009).

Por otro lado, no se poseen datos a cerca de cambios en la masa grasa a nivel regional tras un entrenamiento de la fuerza ni en hombres ni en mujeres. Pese a que estudios previos han provado que el entrenamiento contra resistencia en las mujeres puede favorecer el aumento de la fuerza, el rendimiento físico y la masa libre de grasa (Chilibeck, Calder, Sale, & Webber, 1996; Chilibeck, Calder, Sale, & Webber, 1998), se carece de

información respecto a los cambios regionales ocasionados en la composición de tejidos blandos.

2.5.1.1. Métodos de evaluación de la composición corporal

Actualmente, los métodos de análisis de la composición corporal son divididos en tres grupos. El directo, los indirectos y los doblemente indirectos. En tal sentido, el método directo tiene que ver con la disección de cadáveres, y pese a poseer una fiabilidad notable, también su aplicación es muy limitada (Shepherd et al., 2016).

a) Métodos indirectos de análisis de la composición corporal

Mediante el uso de métodos indirectos de análisis de la composición corporal, no es necesario la manipulación de los tejidos, por lo que la medición se realiza *in vivo*. Son validados a partir del método directo o de la densitometría y permiten medir/estimar los tejidos corporales. Su fiabilidad es muy elevada pese a que son poco accesibles, limitados y poseen un alto coste económico (Teigen, Kuchnia, Mourtzakis, & Earthman, 2017).

A continuación, se describirán los métodos indirectos de análisis, más utilizados en la investigación y en los medios clínicos.

Tomografía axial computarizada

La tomografía axial computarizada (TAC) se basa en el uso de un escáner de emisión de rayos-X que traspasan al sujeto de estudio. Fue el primer método para determinar el área muscular de sección transversal (en 1979) y la grasa abdominal (en 1982). Mediante una serie de detectores se monitoriza la intensidad de salida del rayo-X codificando la señal para producir una imagen visual de aproximadamente 10mm de grosor. De esta forma, la transmisión de salida se utiliza para calcular el coeficiente de atenuación media a lo largo de la longitud del haz de rayos-X. Estos coeficientes se miden en unidades Hounsfield (UH) (Lustgarten & Fielding, 2011).

Este método ha sido utilizado previamente en estudios para evaluar la composición corporal en AM (Friedenreich et al., 2014; Mueller, Knechtle, Knechtle, & Toigo, 2014; Park et al., 2009). Entre sus ventajas, destaca la posibilidad de valorar la grasa infiltrada en el músculo esquelético, poseyendo a su vez una gran precisión ($r^2=0.99$) y repetitividad (coeficiente de variación 1.2% / 4.3%) (Thibault, Genton, & Pichard, 2012). Además, proporciona una mayor información sobre los músculos, tejido adiposo y órganos con respecto a otros métodos como la impedancia bioeléctrica (Thibault et al., 2012). Sin embargo, posee una exposición a la radiación más elevada con respecto otros dispositivos de medición como el DXA, siendo a su vez, un artículo de difícil acceso y más costoso (Thibault et al., 2012).

Resonancia magnética nuclear

La resonancia magnética nuclear (RMN) es un método que proporciona imágenes de los componentes corporales y la composición química de los tejidos. A su vez, puede ser utilizada para conocer la composición corporal total o de un área concreta (Rodríguez-García et al., 2017). Basa su técnica en la interacción entre los núcleos atómicos de hidrógeno y los campos magnéticos generados y controlados por el dispositivo.

La literatura muestra estudios donde esta técnica ha sido utilizada para evaluar la composición corporal, siendo algunos de estos ejemplos puestos en práctica en mujeres atletas (Honda, Matsumoto, Kato, & Umemura, 2015), hombres sanos (Osawa et al., 2014), o en AM (Zoico et al., 2010). Entre sus ventajas se encuentra su validez para evaluar la grasa visceral y la capacidad de establecer inferencias sin someter a los sujetos de estudio a las radiaciones de la TAC (Kaul et al., 2012). A su vez, su precisión es muy elevada, con un $r^2=0.99$ y un coeficiente de variación 2.1% / 6.5% (Shuster, Patlas, Pinthus, & Mourtzakis, 2012), sin emitir radiación ionizante (Zhao et al., 2013). No obstante, presenta también desventajas, ya que este dispositivo requiere de una

realización manual de las mediciones, además de necesitar mucho material clínico (Kaul et al., 2012). A esto se le debe añadir que la definición de diferentes depósitos de tejido adiposo depende de la configuración del escáner de RMN (Shuster et al., 2012), y también resulta un artículo muy costoso y de baja accesibilidad (Shuster et al., 2012).

Pletismografía

En la pletismografía por desplazamiento de aire se estima la composición corporal indirectamente a través del volumen de aire que desplaza dentro de una cámara cerrada (Fields, Goran, & McCrory, 2002). Es un método que consiste en el uso de relación inversa entre presión y volumen, basada en la ley de Boyle para determinar el volumen corporal, y así establecer la composición corporal a través de los principios de la densitometría (Fields & Hunter, 2004).

Este método ya se ha utilizado para el análisis de la composición corporal en diferentes poblaciones, como por ejemplo en niños (Giannì et al., 2015), en mujeres jóvenes (Bailey et al., 2014), o en personas mayores (Fields & Hunter, 2004). Esta técnica resulta pues, válida para el análisis de la composición corporal debido a su elevada precisión y fiabilidad con un $r^2=0.90$ (Demerath et al., 2002). Se ejecuta de manera rápida con una duración de entre 3 y 5 minutos y su ejecución es sencilla (Bailey et al., 2014). No obstante, requiere mantener una temperatura constante para que la ley de Boyle pueda aplicarse, además de que los sujetos de estudio deben mantener una respiración normal durante la medición del volumen corporal (Fields, Goran, & McCrory, 2002).

Absorciometría dual de rayos X

La absorciometría dual de rayos X (DXA) es un dispositivo que se utiliza para valorar diferentes parámetros de la composición corporal, como la masa muscular, la masa grasa y la DMO, siendo posible detectar diferentes enfermedades (Thibault, Genton,

& Pichard, 2012). En un inicio, este instrumento fue ideado para mediar la DMO, no obstante, tras diferentes mejoras a nivel tecnológico, se amplió sus posibilidades de medición, siendo actualmente, considerado el método de referencia en el estudio de la composición corporal en investigaciones clínicas (McLean et al., 2018).

Su procedimiento se establece mediante la atenuación de fotones. Cuando dichos fotones atraviesan los tejidos de los sujetos de estudio, son absorbidos o diseminados por el efecto fotoeléctrico y el efecto Compton, el cual consiste en el aumento de la longitud de onda de un fotón de rayos X cuando impacta con un electrón libre y cede parte de su energía. La longitud o la frecuencia de onda de la radiación dispersada dependerán de la dirección de dicha dispersión. Por normal general, al aumentar la energía del fotón, el efecto de atenuación desciende (Pietrobelli, Formica, Wang, & Heymsfield, 1996).

Para valorar la composición corporal, la DXA entiende la existencia de tres tipos de componentes en el cuerpo con base en las propiedades de atenuación de los rayos X, la masa grasa, la masa muscular y la masa mineral esquelética. Debido a su elevado contenido en agua y compuesto orgánico, los tejidos blandos reducen en menor medida el flujo de fotones en comparación con el mineral del hueso, y es debido a esto, que los píxeles que contienen hueso son más fáciles de apreciar (Lustgarten & Fielding, 2011; Plank, 2005). De esta forma, la DXA separa primero el cuerpo en dos componentes, el tejido óseo y el blando, pudiendo separar este último en masa grasa y magra (Wang, Heymsfield, Chen, Zhu, & Pierson, 2010), suponiendo un método especialmente eficaz para personas con mayor factor de riesgo de sufrir sarcopenia.

Este instrumento ha sido ampliamente utilizado para valorar la composición corporal en AM (Batsis et al., 2013; Bauer & Morley, 2020; Carnevale et al., 2018; Delmonico, Kostek, Johns, Hurley, & Conway, 2008; Kim, Shinkai, Murayama, & Mori, 2015; Lee, Glickman, Dengel, Brown, & Supiano, 2005; McLean et al., 2018; Moon et

al., 2013; Nascimento et al., 2018; Shaw et al., 2007; Svendsen, Haarbo, Heitmann, Gotfredsen, & Christiansen, 1991; Villani et al., 2013; Visser, Fuerst, Lang, Salamone, & Harris, 1999). Entre sus ventajas, se encuentra que es una técnica no invasiva, fácil de aplicar y que emite una radiación muy leve ($<0.1 \mu\text{Gy}$), equivalente a un 10% de la generada por una radiografía de tórax (Plank, 2005). Además, es una prueba que se realiza con rapidez (Lustgarten & Fielding, 2011), y que permite valorar la composición corporal separándola en diferentes regiones corporales (Pietrobelli et al., 1996; Plank, 2005). Es más económica que otros dispositivos como la RMN y la TAC (Chen et al., 2007), posee una elevada precisión y fiabilidad con un $r^2=0.996$, y un coeficiente de variación reducido (menor a 4%) en relación a otros métodos de referencia (Glickman, Marn, Supiano, & Dengel, 2004; Lustgarten & Fielding, 2011). También permite realizar mediciones de segmentos corporales en serie, y el diagnóstico y el seguimiento de la osteoporosis (Thibault et al., 2012), estima la grasa abdominal (Glickman et al., 2004; Kaul et al., 2012), es capaz de cuantificar la masa grasa con un coeficiente de variación del 2% (Shuster et al., 2012), y para la masa muscular de las extremidades inferiores tiene buenas correlaciones con la RMN y la TAC (Glickman et al., 2004). Cabe destacar que la DXA está considerada como el nuevo “*Gold Estándar*” para la medición de la composición corporal (Scafoglieri & Clarys, 2018).

b) Métodos doblemente indirectos de análisis de la composición corporal

También son métodos para medir la composición corporal *in vivo*, y debido a que su validación se da a partir de los métodos indirectos, su margen de error es muy elevado en comparación con estos. No obstante, sus protocolos de ejecución se caracterizan por su sencillez, facilidad de interpretación y bajas restricciones culturales, además de ser más económicos en comparación con los métodos indirectos (Toomey, Cremona, Hughes, Norton, & Jakeman, 2015).

Impedancia bioeléctrica

Este método consiste en calcular el agua total del cuerpo, la masa grasa y la masa libre de grasa, basándose en que la conductividad del agua del cuerpo varía en los distintos compartimentos, de esta manera, se valora la impedancia a una pequeña corriente eléctrica aplicada a medida que recorre el cuerpo (Becroft, Ooi, Forsyth, King, & Tierney, 2019).

Según el tejido que se está valorando, la impedancia varía, ya que existe mayor conductividad en la masa libre de grasa con respecto a la masa grasa debido a la existencia de una mayor cantidad de electrolitos. Así pues, la impedancia es directamente proporcional a la cantidad de grasa corporal (Becroft et al., 2019; Lustgarten & Fielding, 2011; Thibault et al., 2012).

Son diversos los estudios que han utilizado este método para medir la composición corporal, por ejemplo en adultos jóvenes (Madsen et al., 2015), o en AM (Camina-Martín et al., 2015). Generalmente, la motivación en su uso se debe al carácter no invasivo que posee, su método de empleo rápido y sencillo, y a su asequibilidad económica (Becroft et al., 2019). Sin embargo, el margen de error de la impedancia bioeléctrica es más elevado en comparación con los métodos indirectos, su precisión y fiabilidad pueden verse influenciados por diversos factores como el tipo de instrumento, el nivel de hidratación del sujeto de estudio, los puntos de colocación de los electrodos, la alimentación, la temperatura ambiente, el ciclo menstrual y la ecuación de predicción empleada, la cual en general es cercana a $r^2=0.84$ en comparación con la DXA (Lee & Gallagher, 2008; Mattsson & Thomas, 2006). Además, presenta limitaciones de aplicación en pacientes con retención de líquidos, edemas periféricos, problemas hidrostáticos o que se encuentren bajo medicación diurética (Ayvaz & Çimen, 2011; Becroft et al., 2019).

Antropometría

La antropometría es un método doblemente indirecto para la evaluación de las diferentes dimensiones corporales y en la composición global del cuerpo. Es utilizada para diagnosticar el estado nutricional y la existencia o ausencia de riesgos del tipo cardiovascular, como la obesidad o la cantidad de grasa abdominal (Costa Moreira et al., 2014; Masanovic, Milosevic, & Bjelica, 2019).

Existen numerosas técnicas empleadas en la antropometría, y entre ellas el índice de masa corporal (IMC) es el más utilizado y aporta información en relación al estado nutricional del sujeto (Ayvaz & Çimen, 2011). Otra técnica antropométrica frecuentemente utilizada y recomendada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como un predictor válido de la obesidad central en estudios poblacionales es la relación entre la circunferencia de la cintura y de la cadera (World Health Organization, 2012). Por otro lado, a partir de la medición de los pliegues cutáneos se puede estimar la densidad corporal mediante ecuaciones matemáticas, las cuales fueron desarrolladas para diferentes grupos poblacionales con diversas características. Una vez calculados los valores de la densidad corporal, es posible estimar la masa grasa y la masa magra corporal (Ayvaz & Çimen, 2011).

No obstante, estos métodos están expuestos a errores como la falta de precisión del evaluador o del compás, además de que la ecuación utilizada en el método de pliegues cutáneos para la estimación de la densidad corporal, masa grasa o masa magra contiene un error en relación a su “*Gold Estándar*”, por lo que es posible que se presente una baja fiabilidad y una elevada variación (Ayvaz & Çimen, 2011). Se recomienda que el uso de estos métodos se reserve para estudios poblacionales, donde los errores que pudieran ser cometidos, sean diluidos en un número más elevado de personas (Masanovic et al., 2019; Thibault et al., 2012).

2.5.2. Efectos sobre el hueso

Como ya se ha matizado en apartados anteriores, el hueso es un tejido conectivo dinámico que proporciona una integridad mecánica para una adecuada protección y que posibilita la locomoción, participando a su vez en el mantenimiento metabólico de la homeostasis mineral y que sirve como localización primaria de la hematopoyesis. La estructura de la matriz mineral y orgánica del tejido óseo, así como la forma y la geometría de los diferentes huesos, proporcionan al esqueleto una excelente resistencia mecánica, siendo a su vez, tejidos ligeros y adaptables. Para cumplir con estas relaciones entre estructura y función, el hueso se descompone y reconstruye constantemente en los procesos de modelado y remodelado óseo (Kahn et al., 2001; Maggi et al., 2004). Si bien la herencia genética es un determinante importante del desarrollo esquelético, el efecto genético varía con la edad y entre las diferentes localizaciones esqueléticas (Slemenda, Christian, Williams, Norton, & Johnston, 1991; Willing et al., 2003), el modelado y la remodelación ósea se modifican significativamente por factores como las fuerzas mecánicas, la nutrición y el equilibrio hormonal.

Para poder comprender el efecto que el ejercicio físico tiene sobre el hueso es necesario reseñar que el proceso de remodelado óseo se ve influenciado por las cargas biomecánicas a diferentes niveles estructurales, y que interactúan con los mecanismos moleculares en las células del tejido óseo (Bozal, 2013; Cano-Sánchez, Campo-Trapero, Sánchez-Gutiérrez, & Bascones-Martínez, 2008). Los estímulos biomecánicos poseen una influencia en la biología del hueso, y esto se da tanto en la fase de regeneración ósea (la creación de nuevo hueso tras sufrir daño) como en la de remodelación ósea (la creación de nuevo hueso para sustituir el hueso antiguo o madurar el hueso regenerado). Estas dos fases se dan de manera simultánea en su fisiología, de manera que cuando se inicia una fase de regeneración ósea, a la vez, se genera otra de remodelado en los bordes óseos que

han sufrido el trauma para así eliminar la zona necrosada (Cano-Sánchez et al., 2008). Por otra parte, al generarse la activación de una unidad de remodelado óseo (osteona o trabécula) se produce a la vez un proceso de regeneración ya que se impulsa toda la maquinaria celular y molecular para la neoformación ósea (Bozal, 2013; Cano-Sánchez et al., 2008). Existe una clara influencia entre una carga o estímulo y la expresión molecular durante el remodelado óseo, en tal sentido, los osteocitos (células del tejido óseo de morfología aplanada y alargada que poseen numerosas prolongaciones o procesos celulares que se introducen en los canalículos óseos) responden a los estímulos antagónicos de carga, activando osteoclastos u osteoblastos, en base a la carga local (Klein-Nulend, Bacabac, & Mullender, 2005). Así pues, los osteocitos actúan como mecanosensores y participan en la regulación de los procesos de modelación y remodelación óseas adaptativas (Bozal, 2013). Estas células se encuentran en un sistema de lagunas y canalículos formando una red sincicial de intercomunicación entre ellos conocido como sistema lacuno-canalicular osteocitario. Existe una comunicación extracelular por medio del fluido que recorre el espacio existente entre la membrana plasmática de los osteocitos y la pared de la laguna y los canalículos dentro del sistema lacuno-canalicular. A día de hoy, es aceptada la idea de que la reacción celular ósea a las cargas biomecánicas viene regulada por el flujo pulsátil del fluido canalicular dependiendo de los factores mecánicos que aporta el fluido sobre los osteocitos (Cano-Sánchez et al., 2008).

Así pues, una de las principales recomendaciones tanto para mejorar la salud ósea, como para detener el avance de la osteoporosis y prevenir fracturas, es la realización de ejercicio físico (Tong et al., 2019), si bien, es necesario resaltar que, en contraste con el claro efecto beneficioso del ejercicio sobre el sistema esquelético durante la etapa de crecimiento, el ejercicio moderado en la edad adulta parece tener únicamente un efecto

modesto sobre el aumento de la masa ósea, y cualquier aumento inducido por el ejercicio en las personas mayores probablemente sea el resultado de la remodelación del hueso endocortical y trabecular en lugar de influir sobre las zonas periósticas como ocurre en la infancia (Schwab & Klein, 2008). No obstante, estudios previos demuestran que el entrenamiento físico puede mejorar la masa ósea y la fuerza, y en consecuencia, promover la formación del hueso, lo que podría tratar y prevenir eficazmente la osteoporosis (Benedetti, Furlini, Zati, & Mauro, 2018; Kemmler, Engelke, & von Stengel, 2016; Kohrt et al., 2004; Kostka, Kostka, & Borowiak, 2017; Martyn-St & Carroll, 2009; Tong et al., 2019). La literatura establece que el ejercicio físico y las actividades deportivas pueden proporcionar estímulos mecánicos a los tejidos y huesos de las articulaciones que son necesarios para el mantenimiento de sus propiedades (Tong et al., 2019; Yoshiya, 2017). En tal sentido, las cargas que incluyen compresión, deformación y cizalla son los estímulos que desempeñan funciones esenciales en la diferenciación y mineralización de los osteoblastos y del mantenimiento de la alta densidad y masa ósea (Klein-Nulend, Bacabac, & Bakker, 2012; Tong et al., 2019; Zaidi, 2007). Esto puede favorecer la reducción de la pérdida ósea y aumentar la resistencia, y por ende, prevenir la osteoporosis en personas de edad avanzada (Tong et al., 2019). Estudios previos han demostrado que el aumento de la fuerza durante el ejercicio se correlaciona con una densidad de masa ósea y una fuerza ósea elevadas en atletas. A su vez, una revisión sistemática ha aportado que el ejercicio puede influir positivamente en la osteogénesis y la geometría esquelética en la fuerza en regiones específicas (Hamilton, Swan, & Jamal, 2010).

Por otro lado, el ejercicio permite una mayor regulación hormonal en el cuerpo como, por ejemplo, en hormonas como el estrógeno, la hormona paratiroidea y los glucocorticoides, que pueden ser otro mecanismo clave en el metabolismo y la

remodelación ósea (Gardinier, Mohamed, & Kohn, 2015; Gennari, Merlotti, & Nuti, 2010; Guerrini & Takayanagi, 2014; Krum, 2011). La literatura científica refleja que la actividad física podría promover la secreción de estrógeno (estradiol) en mujeres premenopáusicas y simular de manera parcial los efectos del tratamiento de reemplazo hormonal para tratar la osteoporosis (Bentz, Schneider, & Westerlind, 2005). Siguiendo esta línea, la literatura también arroja que el entrenamiento de la fuerza podría aumentar los niveles séricos de testosterona en AM, lo cual iría acompañado de una reducción de la pérdida de masa ósea (Sato et al., 2014).

La función de las hormonas no es únicamente regular directamente el metabolismo, sino también inducir o coordinar citocinas para regular el metabolismo óseo. A modo de ejemplo, el estrógeno puede inhibir la resorción ósea al inhibir también la expresión del canal TRPV5 y el RANKL, y promover la expresión del canal OPG (Tong et al., 2019). Así mismo, las citocinas también desempeñan papeles importantes en la formación ósea. Santos et al. (2012) concluyeron que el ejercicio a una intensidad moderada durante seis meses puede reducir la pérdida de masa ósea en personas ancianas, lo que parece resultar de un mayor nivel sérico de IL-10, a la par que disminuye de manera significativa los niveles séricos de IL-6 y TNF- α . También se ha probado que el ejercicio físico disminuye la secreción de citocinas proinflamatorias de resorción ósea, como IL-1, IL-6 y TNF- α , y aumenta las citocinas protectoras contra la resorción ósea, como IL-2, IL-10, IL-12, IL-13, IL-18 e IFN (Yuan et al., 2016).

En lo que se refiere al tipo de entrenamiento más adecuado, existen diferentes propuestas en referente a la duración y al carácter del ejercicio, con una lista que incluye plataformas vibratorias, ejercicios acuáticos, material elástico, ejercicios aeróbicos y anaeróbicos, de resistencia, de alta intensidad y de impacto, y durante una práctica aislada

o en combinación con fármacos (Howe et al., 2011; Wolff, van Croonenborg, Kemper, Kostense, & Twisk, 1999).

En general, las guías de osteoporosis recomiendan realizar únicamente ejercicios de intensidad moderada, en torno a un 75% de 1RM. Sin embargo, está generalmente aceptado que el hueso se adapta a las demandas mecánicas a las que es sometido durante el entrenamiento (Rubin & Lanyon, 1985), mientras que la actividad física desarrolla la masa ósea durante la niñez y la adolescencia, necesaria para alcanzar los valores pico. Podría ser debido a esto que los beneficios obtenidos en la mayoría de las propuestas, hayan resultado modestos, ya que son precisamente los ejercicios de alta intensidad, resistencia progresiva, cambios de peso, impacto y alto impacto, a los cuales se les ha atribuido el mayor beneficio (Maeda & Lazaretti-Castro, 2014). Pese a que la literatura científica permanece todavía poco clarificadora, recientemente se ha apuntado que las propuestas de ejercicio combinado son las que podrían generar mayor impacto clínico (Watson et al., 2017; Xu, Lombardi, Jiao, & Banfi, 2016).

Los estudios realizados hasta la fecha, prueban que es más sencillo evitar que se produzca la osteoporosis, que contrarrestar sus efectos una vez estos han aparecido en el organismo (Ahlskog et al., 2011; Siegrist, 2008). Una regulación adecuada en los alimentos sumada a la práctica de actividad física, en especial un entrenamiento de fuerza, permite reducir la pérdida mineral ósea (Cadore et al., 2013). Este tipo de ejercicios, también favorecen a una mayor activación hormonal, y una mayor fuerza muscular en poblaciones mayores, incluso tratándose de ancianos frágiles (Chou et al., 2012; García-Molina et al., 2010). A su vez, el entrenamiento de fuerza también mejora la capacidad de andar de los ancianos, su habilidad, su capacidad propioceptiva y su equilibrio (Bauman et al., 2016; Chou et al., 2012).

Por su lado, hay estudios que afirman que el ejercicio físico sumado a una alimentación adecuada, reduce el dolor de rodilla y mejora la función física en adultos mayores, aunque sufran obesidad y padezcan osteoartritis en esta articulación (Khan et al., 2017). Sobre todo, actividades enfocadas al ejercicio aeróbico son beneficiosas para el tratamiento de la osteoartritis (Loew et al., 2014).

2.5.2.1. Métodos de evaluación de la composición ósea

En 1994, la OMS introdujo la valoración de la densidad mineral ósea (DMO) mediante DXA como la forma idónea para cuantificar la osteoporosis. Puso su base en un estudio realizado en mujeres postmenopáusicas de raza blanca, en el cual se concluyó que la DMO y el riesgo de sufrir fractura estaban correlacionados. De esta forma, se definió la osteoporosis como un valor de puntuación T (T-Score) de -2.5, y a su vez, se determinaron valores de referencia para otros parámetros potencialmente útiles (Baim et al., 2008; Lewiecki et al., 2008; Lorente Ramos et al., 2012). La absorciometría dual de rayos X se estableció como la técnica de referencia para esta afección (Lupsa & Insogna, 2015; Lorente Ramos et al., 2012).

A continuación, se describirán los métodos de análisis, más utilizados en la investigación y en los medios clínicos.

Absorciometría fotónica simple

La absorciometría fotónica simple (SPA) apareció en los años 60, y fue el primer método densitométrico que se desarrolló. Mediante este método, un fotón procedente de una fuente radioactiva atraviesa el hueso periférico. El densitómetro registra la atenuación del haz de rayos X al paso por el tejido. A diferencia de otros instrumentos, no es posible separar la atenuación generada por el tejido óseo de la generada por los tejidos blandos, debido a que sólo utiliza un fotón. Es debido esta circunstancia que este instrumento sólo

se puede utilizar en localizaciones como el calcáneo o el radio, donde casi todo el tejido atravesado es óseo. Tras la aparición de los densitómetros de energía de rayos X (SXA) la SPA quedó obsoleta (García, 2015; Ibáñez, 2003; Lorente Ramos et al., 2012).

Absorciometría fotónica dual

La absorciometría fotónica dual (DPA) es un método similar a la SPA, pero a diferencia de este, utiliza dos fotones distintos procedentes de un radioisótopo. Gracias a existir la atenuación de dos haces fotónicos, este dispositivo, a diferencia de la SPA es capaz de diferenciar la atenuación generada por el tejido óseo de la generada por los tejidos blandos. Así pues, mediante este método es posible utilizar tanto el hueso periférico (antebrazo) como axial (cadera y columna). No obstante, también quedó obsoleto con la aparición de la DXA, ya que esta última no requiere de una fuente isotópica (García, 2015; Ibáñez, 2003; Lorente Ramos et al., 2012).

Absorciometría dual de rayos X

Al igual que ocurre con la composición corporal, en la actualidad, la DXA es, debido a su baja radiación, su precisión y capacidad de medir tanto el esqueleto axial como el apendicular, el método diagnóstico más sencillo y utilizado, siendo numerosas guías y estudios quienes lo confirman (Blake & Fogelman, 2007; Lewiecki, Binkley, & Bilezikian, 2019; Lupsa & Insogna, 2015; Picazo et al., 2020; Silva et al., 2014; Singh, Kim, Bembem, & Bembem, 2017; Tournis, Trovas, Triantafyllopoulos, & Balanika, 2019).

Los densitómetros DXA exploran la cadera, la columna lumbar, el antebrazo y en muchos casos el esqueleto total. Por lo general, se valora por separado a la DMO en la L2, L3 y L4 de la columna lumbar, a la par que, en diferentes localizaciones de la cadera, como el cuello femoral, trocánter y región intertrocantérea. También valora la DMO del fémur total y del triángulo de Ward. Este último, representa un área radiotransparente

existente entre los fascículos arciforme, cefálico y trocantéreo. Esta zona, de forma triangular, como resultado de la osteoporosis aumenta de tamaño y se vuelve borrosa, y es que, dentro de la cabeza femoral, generalmente es el área de menor DMO (Ward, 1938). Es por esta razón que valorar la densidad del triángulo de Ward puede tener importantes implicaciones para la osteoporosis (Lentle et al., 2016). Pese a que los estudios realizados para detectar las zonas de conflicto asociadas con la osteoporosis rara vez han medido la DMO del triángulo de Ward, en otros estudios como el de Yoshihashi, Drake, & Shakir (1998) y posteriormente, en un meta-análisis realizado por Pei et al. (2016), se postuló que la DMO de dicha zona es un indicador sensible de osteoporosis, aunque especialmente en hombres, y debe utilizarse para identificar a pacientes con mayor riesgo de fracturas relacionadas con esta enfermedad. Es por ello que en la actualidad, la literatura recoge estudios que incluyen el triángulo de Ward para la valoración de la salud ósea (Balachandran, Asirvatham, & Mahadevan, 2019; Lim, Ha, Park, & Lee, 2019; Liu, Wang, Ruan, Lin, & Chen, 2020; Rodríguez-Carrio et al., 2019; Shankar, Sathish Babu, & Viswanathan, 2019).

El densitómetro representa los valores de masa ósea en g/cm^2 , contenido mineral óseo (g), área (cm^2), altura (cm) y grosor (cm) del área explorada. Seguidamente, proporciona los valores de referencia, DMO, en función de la edad, en un gráfico con tres líneas. La primera: la de referencia; la segunda: +1 desviación estándar; y la tercera: -1 desviación estándar. También genera los valores de T-Score y Z-Score en cada una de las zonas medidas, así como los porcentajes respecto a los valores del adulto joven y respecto al grupo de edad y sexo. Posee una alta precisión (0.5-2%), repetibilidad y ha demostrado poseer a su vez, valor predictivo de fractura (García, 2015; Ibáñez, 2003).

Densitómetros periféricos

Los densitómetros periféricos son dispositivos pequeños y portátiles, desarrollados por absorciometría de rayos X simple (RA) y por doble energía de rayos X (pDXA). Además de por su tamaño, poseen la ventaja de una baja radiación y de no necesitar para su uso, de personal especializado. Miden la densidad ósea del antebrazo, del calcáneo, de los metacarpianos y de las falanges (Khan et al., 2019; Mou et al., 2019).

Los densitómetros periféricos tienen como ventajas su menor coste de compra, necesitan menos espacio para su instalación, las pruebas de medición se realizan con mayor rapidez, y, además, por sus escasas dimensiones y peso son fáciles de transportar. No obstante, se ha observado que los puntos de corte para el diagnóstico de osteoporosis con los densitómetros axiales no son los mismos que para los densitómetros periféricos (García, 2015; Ivorra Cortés et al., 2010; Pérez-Castrillón et al., 2005). La NOS (*National Osteoporosis Society*) recomienda que los densitómetros periféricos se utilicen como instrumento de cribado con dos puntos de corte que identifiquen a los pacientes con osteoporosis en columna y/o cadera con una sensibilidad y especificidad del 90% (Blake et al., 2005; García, 2015; Ivorra Cortés et al., 2010). De tal forma los pacientes con DMO periférica con un T-Score por debajo del punto de corte inferior tendrán una alta probabilidad de tener osteoporosis en cadera o columna, y los que tengan T-Score por encima del punto de corte superior será poco frecuente que tengan osteoporosis en columna o cadera. Sin embargo, los puntos de corte son diferentes para los distintos densitómetros periféricos (Ivorra Cortés et al., 2010).

No se conoce si los puntos de corte pueden cambiar según la población estudiada o dependiendo del modelo de densitómetro central con el que se compara.

Ultrasonografía cuantitativa

La densitometría por ultrasonidos (QUS) destaca por ser la única que no emite radiación alguna, y que por tanto es inocua (Merritt, Lizzi, & Mortimer, 1988). Al igual que los densitómetros periféricos, son dispositivos pequeños, portátiles, económicamente asequibles, y cuyo método de utilización es sencillo, rápido y no requiere de una preparación específica.

No obstante, en comparación a la DXA, posee una menor precisión o elevado coeficiente de variación, lo cual descarta este método para seguimientos o estudios longitudinales (García, 2015; Ibáñez, 2003). Por otro lado, valora medidas de distintos aspectos del hueso, el cual tiene un comportamiento diferente ya que los medios son distintos (rayos X y ultrasonidos), lo que impide para la QUS aplicar los criterios de la OMS, definidos específicamente para la DXA, todo y que existe cierta correlación entre ambos métodos (Rajouria, Bhattarai, Bajracharya, & Karki, 2019; Vijayababu, 2019). Sin embargo, pese a que no mide la DMO, la QUS continúa siendo una técnica válida para valorar la osteoporosis (Steiner, Dimai, Steiner, Cirar, & Fahrleitner-Pammer, 2019), ya que predice el riesgo de fractura valorando otros aspectos determinantes de la resistencia ósea, los cuales están relacionados con la calidad de vida (Rajouria, Bhattarai, Bajracharya, & Karki, 2019; Vijayababu, 2019).

Tomografía cuantitativa computarizada

La tomografía cuantitativa computarizada (QTC) consiste en un dispositivo de escáner utilizado para medir la DMO en el esqueleto axial y apendicular (García, 2015; Ibáñez, 2003). Las imágenes tridimensionales de sección transversal permiten el aislamiento del hueso trabecular, localización más sensible que el cortical para detectar cambios minerales óseos (Paggiosi, Debono, Walsh, Peel, & Eastell, 2020). Mediante

este método, es posible estimar de manera separada la DMO del hueso cortical y del trabecular, siendo los valores proporcionados en mg/cm^3 (Inacio, Malige, Schroeder, Nwachuku, & Dailey, 2019). La QTC es uno de los tres métodos mencionados por la Fundación Nacional de Osteoporosis por ser un dispositivo útil y fiable para valorar la osteoporosis.

La QTC es el método de mayor sensibilidad y especificidad para evaluar el hueso trabecular axial, permite además una visualización directa de la zona estudiada, evita incorporar al análisis “artefactos”: lesiones líticas, angiomas, fracturas vertebrales, cirugías previas (especialmente las instrumentadas), islotes óseos, metástasis blásticas, Paget, osteofitos, artrosis facetarias, calcificaciones de aorta, litiasis renal o biliar, medios de contraste intra-raquídeos o abdominales, siliconas en glúteos, etc. Sin embargo, además de poseer un alto coste financiero, este método genera un nivel de radiación considerablemente superior respecto a la DXA, quien posee un procedimiento simple, rápido y no invasivo (García, 2015; Ibáñez, 2003).

Radiología

Pese a que no permite cuantificar la DMO, la radiología es un método útil para valorar la estructura ósea. Algunos autores han tratado de aplicar la radiología digital con energía dual para un cálculo aproximado de la DMO (Lorente Ramos et al., 2012). Este método se debe a un conjunto de variables no controladas, como la técnica radiológica empleada, el voltaje, la distancia foco-placa, el revelado, las características del sujeto de estudio (obesidad, etc.), o la variabilidad inter-observador (González, 2015). Además, según la OMS, el uso de la radiografía convencional para valorar la pérdida de masa ósea resulta evidente únicamente cuando esta ha disminuido de un 30 a un 50% para que la disminución de la absorción X (rX) pueda ser interpretada claramente como incremento

de la radiotransparencia (García, 2015). Así pues, este método no es el más apropiado para detectar la Osteoporosis.

Resonancia magnética nuclear

La resonancia magnética nuclear (RMN) determina la estructura trabecular del hueso periférico (calcáneo, radio distal y falange). Se basa en la aplicación de un alto campo magnético, transmisión de ondas de radiofrecuencia, y detección de señales de radiofrecuencia desde protones de hidrógenos excitados (Capiglioni, 2006).

La estructura ósea analizada por medio de RMN y expresada en términos de escala, forma, anisotropía y conectividad, permite determinar la fuerza, de manera independiente al valor de la DMO (Hynes, Hughes, Cunningham, Kavanagh, & Eustace, 2019). Es probable que técnicas avanzadas de RMN, como la difusión, la espectroscopia o la perfusión, puedan proporcionar información de utilidad en el futuro (Lorente Ramos et al., 2012). No obstante, su elevado coste financiero lo convierten en un método poco rentable.

2.5.3. Efectos sobre el equilibrio

La prescripción de ejercicio físico se ha postulado como un tratamiento no farmacológico de bajo coste en AM, existiendo diversos estudios que han puesto de manifiesto sus efectos beneficiosos incluyendo la mejora del equilibrio, el control postural y la movilidad tal y como refleja la revisión de Lesinski, Hortobágyi, Muehlbauer, Gollhofer, & Granacher (2015).

La actividad física bien estructurada, le permite al adulto mayor mejorar ciertos parámetros fisiológicos que a la postre, supondrán una reducción del número de caídas accidentales que el anciano pueda sufrir en su día a día (Brodie et al., 2017; Cadore et al., 2013; García-Molina et al., 2010; Hicks et al., 2020; Sherrington et al., 2011).

Una revisión Cochrane, sobre intervenciones para prevenir las caídas en AM que habitan la comunidad, llegó a la conclusión de que las intervenciones con ejercicio pueden reducir el riesgo y la tasa de caídas en AM de entre el 17% y el 34%, dependiendo del tipo de programa y las medidas utilizadas para evaluar la efectividad (Gillespie et al., 2012; Tiedemann, Sherrington, Close, & Lord, 2011). Las intervenciones realizadas en diferentes ámbitos con programas de ejercicio físico previenen situaciones de riesgo que pueden conllevar a la dependencia y pueden mejorar la calidad de vida en pro de vivir muchos años con un buen estado de salud. La actividad física, reconocida como disciplina que actúa en el ámbito de la salud, puede contribuir al mantenimiento de la salud y a la autonomía de las personas mayores (American Geriatrics Society, & Society & British Geriatrics Society, 2011).

Pese a que en la fecha de hoy, aún no se pueden establecer las cualidades físicas clave, ni la densidad y regularidad que un entrenamiento debe darles para buscar el mejor resultado de cara a la reducción de caídas, sí que está comprobado que los entrenamientos que incluyen en su programación el potenciar la capacidad de andar, el equilibrio, la coordinación y la fuerza muscular, y que a su vez mostraron variedad en los ejercicios dispuestos, son los que han obtenido resultados más óptimos persiguiendo este fin (García-Molina et al., 2010; Howe et al., 2011).

2.5.3.1. Métodos de evaluación del equilibrio

Valorar de manera clínica la postura y el equilibrio supone un proceso complejo y elaborado si se precisa ser exhaustivo con respecto al amplio conjunto de datos que intervienen en el control postural. Se describirán a continuación algunos de los procesos de valoración e intervención del equilibrio más utilizados y extendidos.

Escalas y test clínicos

Existe un número elevado de métodos fiables y repetibles para evaluar las habilidades funcionales, las cuales suponen solamente una parte de la valoración del equilibrio, pese a que suelen ser confundidas con el equilibrio en sí (Lloréns, 2014). La mayor parte de estas herramientas corresponden a escalas y test clínicos, los cuales valoran el rendimiento del individuo al realizar determinadas actividades. La evaluación depende de los resultados o de la puntuación obtenida tras la ejecución de diferentes pruebas. El primer método para medir el equilibrio fue el Test de Romberg (1853), que compara la oscilación postural espontánea con los ojos abiertos frente a la oscilación que se produce con los ojos cerrados, con la finalidad de identificar alteraciones del sistema somatosensorial periférico. Permite apreciar en qué medida un individuo utiliza la visión para el control de su postura ortostática (Alsubaie et al., 2019; Gagey & Weber, 2001; Rogers, 1980; Romberg, 1853).

La valoración de la movilidad funcional trata cuantificar dicha movilidad, mediante la ejecución de diferentes acciones tales como caminar, levantarse, girarse, alcanzar, recoger un objeto del suelo, transferir peso y subir escaleras, permitiendo así, evaluar la habilidad del sujeto estudiado. Las escalas y test de movilidad funcional no predicen el riesgo de caídas ni tampoco permiten una identificación total de las causas subyacentes de los conflictos que intervienen en el equilibrio. Algunos ejemplos de test de movilidad funcional que suelen utilizarse son la *Berg Balance Scale* (BBS) (Berg, Wood-Dauphinee, & Williams, 1995), la subescala de equilibrio de la *Tinetti Performance Oriented Mobility Assessment* (POMA) (Tinetti, 1986), la *Brunel Balance Assessment* (BBA) (Tyson & DeSouza, 2004), el *Functional Reaches Test* (FRT) (Duncan, Weiner, Chandler, & Studenski, 1990), el *Stepping Test* (ST) (Hill, Bernhardt, McGann, Maltese, & Berkovits, 1996), el *Timed Up and Down Stairs Test* (TUDST) (Zaino, Marchese, &

Westcott, 2004), el *30-Second Sit-to-Stand Test* (30CST) (Jones, Rikli, & Beam, 1999), o el *Timed Up and Go Test* (TUG) (Podsiadlo & Richardson, 1991).

Por otro lado, existen test que, considerando diferentes variables como la distancia recorrida, la velocidad de desplazamiento y las posibles perturbaciones en el equilibrio, valoran la marcha funcional, pretendiendo así, evaluar la capacidad de realizar acciones cotidianas tales como desplazarse del sofá a la cama, caminar dentro y fuera de la casa, etc. (Lloréns, 2014). Algunos ejemplos de test de valoración de la marcha funcional que pueden utilizarse son el *10-Meter Walking Test* (10MWT) (Bohannon, Andrews, & Thomas, 1996) o el *1-Minute Walking Test* (1MWT) (Stewart, Burns, Dunn, & Roberts, 1990).

Craneocorpografía

Este método de valoración consiste en el registro por medio de cámara fotográfica de los movimientos de la cabeza y del cuerpo durante las pruebas de Romberg, Unterberger y Fukuda. En la placa fotográfica, de revelado inmediato, se obtiene una imagen de los desplazamientos del centro de gravedad y de los movimientos corporales de corrección. Permite registrar la oscilación corporal, analizarla cualitativa y cuantitativamente, y archivarla para compararla con otros registros. Por ello, constituye un método de exploración objetivo del mantenimiento del equilibrio y de la función del sistema vestibuloespinal (Roig, 2015; Said & Izita, 2012).

Estas detectan y cuantifican fuerzas horizontales y verticales. La información registrada es remitida a un sistema informático que registra las coordenadas del centro de presiones, el cual representa una buena estimación de la posición del centro de gravedad si el cuerpo se mueve lentamente. Pueden analizarse distintos parámetros de las coordenadas del centro de presiones relacionados con su posición media, su trayectoria

en el eje anteroposterior o mediolateral (Pérennou et al., 2005). El balanceo u oscilación postural es considerado en la actualidad un importante indicador de la función de equilibrio (Roig, 2015).

Posturografía

Entre las técnicas que permiten la valoración del equilibrio, la posturografía es aquella que lo estudia a través de los movimientos del centro de presiones sobre plataformas dinamométricas (Allsopp & Dornhoffer, 2019).

La oscilación postural es un fenómeno tan sutil y delicado que escapa a la visión y precisa de un instrumento de medición, el estabilómetro. La estabilometría es un método que permite introducir la medida en la observación de los fenómenos de control de la postura ortostática (Kovalek et al., 2019; Terekhov, 1976). Estos dispositivos proporcionan valores representados en cifras, las cuales permiten comparaciones irrefutables y estadísticamente validadas, lo que favorece al conocimiento en poblaciones consideradas normales, de un número de parámetros que permiten la comparación con pacientes que presentan alteraciones del equilibrio (Lloréns, 2014; Roig, 2015).

Las primeras plataformas dinamométricas fueron descritas en el siglo XIX, sin embargo, hasta 1952 no se desarrolló la primera plataforma dinamométrica eléctrica en la universidad de Berkeley, California, EE. UU (Amblard, 1996; Amblard, Assaiante, Fabre, Mouchnino, & Massion, 1997).

La plataforma dinamométrica es un dispositivo que permite la valoración y el análisis de la fuerza de reacción que un sujeto ejerce sobre el suelo en la ejecución de un movimiento o gesto determinado (Allsopp & Dornhoffer, 2019). Hasta la fecha, han sido inventados muchos tipos de plataformas para la valoración de la fuerza de reacción, representada en los ejes X, Y y Z (Allsopp & Dornhoffer, 2019; Tanaka, 1993).

Para valorar el equilibrio, la plataforma transforma la fuerza de reacción en una señal electrónica basándose en la tecnología de transductores conocida como extensimetría, y piezoeléctricos. Los primeros resultan adecuados en procesos estáticos y dinámicos hasta una frecuencia máxima dependiente del transductor. Los segundos permiten registros de cargas con frecuencias muy superiores, si bien carecen de respuesta a bajas frecuencias. De esta forma, las plataformas dinamométricas permiten valorar las fuerzas que el pie ejerce sobre el plano de apoyo en bipedestación estática o durante la marcha (Giacomozzi & Macellari, 1997).

Generalmente, las plataformas actuales utilizan cuatro transductores ubicados en cada esquina de la plataforma. Pueden ser bidimensionales o tridimensionales, según registren fuerzas en dos o tres direcciones. Sus superficies son planas cuyo desplazamiento, debido a una fuerza, se puede medir, y han de ser rígidas para que la persona no perciba el desplazamiento (Lloréns, 2014; Roig, 2015).

Cabe destacar a su vez, que existen diversos tipos de posturografías (Accornero, Capozza, Rinalduzzi, & Manfredi, 1997; Feletti, Mucci, & Aliverti, 2019; Lloréns, 2014; Roig, 2015), siendo la más frecuente, la estática. El centro de presiones durante este método, se registra estando el sujeto a valorar en posición de bipedestación estática con la visión centrada en un punto fijo, y variando el método con ojos abiertos o cerrados (Allsopp & Dornhoffer, 2019; Lloréns, 2014). El suelo puede ser firme o inestable mediante el uso de gomaespuma, o utilizando un balancín alterando así la propiocepción (Roig, 2015).

Además de permitir el conocer el grado de disfunción o alteración que pueda padecer una persona, e identificar patrones de rehabilitación y monitorización de la evolución (lo que a su vez favorece la planificación del tratamiento y el control de su eficacia) la posturografía puede ser de utilidad también para analizar el riesgo de caídas.

La velocidad de oscilación postural parece ser el mejor indicador del esfuerzo requerido para mantener el equilibrio en situaciones perturbadoras (Pérennou et al., 2005; Whitney, Marchetti, & Schade, 2006; Yelnik & Bonan, 2008).

2.5.4. Efectos sobre la fuerza

Como García-Molina et al. (2010) afirman en su estudio, la fuerza muscular es un parámetro que afecta directamente a las personas y sus capacidades funcionales, además de su calidad de vida, más aún en personas mayores. Una reducción de la fuerza, supondrá, por tanto, la disminución de la autonomía de los ancianos y a su vez un estilo de vida menos activo (Chodzko-Zajko et al., 2009).

El entrenamiento de la fuerza aplicado en personas de cualquier edad permite reclutar un número mayor de unidades motoras a la hora de aplicar una carga, lo que permitirá posteriormente, requerir un menor porcentaje reclutado de dichas unidades, traduciéndose esto a su vez en un menor coste energético, con todas las aplicaciones funcionales que ello conlleva (Kelly, Burnett, & Newton, 2008).

El entrenamiento de la fuerza permite generar una mayor velocidad de acción de estas unidades motoras, lo que se traduce también en un mayor tiempo de recuperación, circunstancia que favorece la perfusión sanguínea (Karlsen, Helgerud, Støylen, Lauritsen, & Hoff, 2009).

De esta manera, la práctica de ejercicio físico enfocado al fortalecimiento muscular en las personas pertenecientes a la tercera edad, retrasar el efecto de la sarcopenia (propio de personas mayores) (Padilla et al., 2014; Tournadre et al., 2019). Permitirá que estos experimenten una mejor funcionalidad de cara a las actividades de la vida diaria. También verán reducida su dependencia o limitación a la hora de realizar movimientos típicos pero exigentes como agacharse, arrodillarse, o levantar objetos pesados (Bauman et al., 2016;

Beneka, 2005; Peterson et al., 2010). A su vez, y como ya se ha dicho en puntos anteriores, el entrenamiento supondrá un mayor gasto energético lo que favorecerá a reducir el tejido adiposo (Khan et al., 2017) y promoverá la participación voluntaria y espontánea en otras expresiones de actividad física.

Por otro lado, cabe destacar que, con la edad, la potencia muscular disminuye a un ritmo más rápido que la fuerza muscular (de Vos et al., 2005; Granacher, Zahner, & Gollhofer, 2008), siendo las pérdidas más graves experimentadas entre la séptima y la novena década de la vida (McNeil, Vandervoort, & Rice, 2007). La pérdida de fuerza muscular asociada a la vejez ocurre predominantemente como consecuencia de reducciones en el área de la sección transversal muscular (Degens, 2019; Frontera et al., 2000; Izquierdo et al., 2001). Sin embargo, la pérdida de potencia muscular, producto de la fuerza muscular y la velocidad de contracción, no refleja, pero excede la tasa de pérdida de fuerza con la edad (Zahner & Gollhofer, 2008). La atrofia preferencial de las fibras musculares tipo II (Copeland et al., 2019; Häkkinen et al., 1998), que poseen una velocidad de contracción de dos a cuatro veces mayor que las fibras musculares tipo I (Krivickas et al., 2001; Samitier, 2015), puede explicar parcialmente la discrepancia entre las pérdidas de fuerza y potencia con la edad.

La pérdida de potencia muscular relacionada con la edad se da de manera similar tanto en hombres como en mujeres (Maden-Wilkinson et al., 2015), pese a que la masa muscular y la fuerza muscular disminuyen de manera más acelerada en hombres con respecto a las mujeres, por lo que existe una mayor probabilidad de que sufran discapacidad con anterioridad (Degens, 2019).

Se ha demostrado que la potencia muscular se asocia positivamente con la capacidad de los AM para realizar actividades de la vida diaria, como caminar, levantarse de una silla y subir escaleras (Degens, 2019; Zahner & Gollhofer, 2008), y puede ser un

predicador más fuerte de la dependencia funcional de lo que es la fuerza muscular (Degens, 2019; Granacher, Zahner, & Gollhofer, 2008; Unhjem, van den Hoven, Nygård, Hoff, & Wang, 2019). La potencia muscular también está relacionada con el equilibrio dinámico y el balanceo postural (Granacher, Zahner, & Gollhofer, 2008), y puede ser un predicador más fuerte del riesgo de sufrir caídas que la fuerza (Skelton, Kennedy, & Rutherford, 2002). Por lo tanto, los aumentos en la potencia muscular pueden conducir a mejoras en la capacidad funcional y prevenir caídas, dependencia y discapacidad en la edad adulta.

Como también se ha mencionado anteriormente, un entrenamiento orientado a desarrollar la masa muscular, no solo beneficiará al adulto mayor con un aumento de fuerza, sino que, gracias a esta optimización de músculos y estabilizadores, se reducirá el riesgo a caídas accidentales, a sufrir osteoporosis, diabetes y enfermedades cardiovasculares (Chodzko-Zajko et al., 2009).

La participación de las personas mayores en programas de desarrollo de la fuerza muscular puede suponer recuperar hasta 20 años de edad funcional, en términos de potencia muscular (Häkkinen et al., 1998, Izquierdo et al., 2001).

2.5.4.1. Métodos de evaluación de la fuerza dinámica

En la actualidad, existen numerosos métodos para evaluar la fuerza. El resultado de dicha evaluación depende de diversos factores, como pueden ser el tipo test a realizar, la posición o el tiempo de medición entre otros. Estos métodos se elaboraron para atender la relación que existe entre el tipo de fuerza y la población evaluada en pos de obtener datos representativos.

Para evaluar la fuerza dinámica, es preciso separa entre fuerza máxima, potencia y de resistencia. A continuación, se señalarán los métodos más representativos y utilizados en la actualidad.

Fuerza máxima

Para evaluar la fuerza máxima dinámica, uno de los métodos más utilizados y aceptados, incluso en AM, consiste en la movilización de una carga determinada para una sola repetición máxima (1 RM) (Ashok, 2008; Potiaumpai, Gandia, Rautray, Prendergast, & Signorile, 2016). Este método resulta una herramienta relevante dado que hace posible establecer una línea basal que puede utilizarse para determinar la intensidad y la carga en el ejercicio a realizar posteriormente (Ashok, 2008; Padilla, 2014). Generalmente, se pone en práctica para evaluar la fuerza de los grupos musculares principales siendo el empuje en banco (press banca) y la sentadilla máxima, los ejercicios empleados para medir la fuerza de la parte superior e inferior del cuerpo respectivamente (Padilla, 2014; Rodríguez-García, 1997).

Debido al efecto de la dinapenia propia del envejecimiento, en AM resulta, por motivos de seguridad, más apropiado utilizar el método de predicción de 1 RM. Se puede determinar de manera aproximada por medio de la fórmula de Brzycki (1993), $1 \text{ RM} = \text{peso levantado} / (1.0278 - (0.0278 \times \text{N}^\circ \text{ de repeticiones}))$, siendo más precisa si el número de repeticiones realizadas oscila entre 1 y 5.

Fuerza potencia

Para evaluar la fuerza potencia o explosiva se pueden encontrar también diferentes métodos que permiten cuantificarla.

Test de campo

Algunos de los test más utilizados para evaluar la fuerza potencia de las extremidades inferiores son los de salto, tanto vertical como horizontal (Maulder & Cronin, 2005; Meylan, Nosaka, Green, & Cronin, 2010; Yanci, Los Arcos, Mendiguchia, & Brughelli, 2015), el test de Abalakov (Hamano et al., 2015), el salto en

contramovimiento de Bosco (Jandova, Musilek, Martin, Cochrane, & Rozkovec, 2017) o el test de saltos sucesivos (Rodríguez-García, 1997).

Por otro lado, para evaluar la fuerza potencia de las extremidades superiores, es frecuente el uso de test como el lanzamiento del balón medicinal (Ashok, 2008) o el *Drop Vertical Jump* (Redler, Watling, Dennis, Swart, & Ahmad, 2016).

Células foto eléctricas

Las células foto eléctricas son instrumentos que proporcionan una serie de datos que permiten valorar la fuerza potencia considerando la velocidad y la aceleración. Estas poseen rayos láser, y mediante una célula a modo de emisor y otra a modo de receptor, conectados a un sistema de cronometraje, y colocados en una disposición determinada, permite evaluar el tiempo de ejecución de un ejercicio determinado de fuerza (García-Fojeda, Biosca, & Valios, 1997).

Encoder lineal

El encoder lineal es un transductor de la velocidad que, dentro del contexto deportivo, se utiliza para hacer una medición directa y continua del espacio recorrido y el tiempo de movimiento de una carga externa conocida (barra, peso, cualquier máquina de musculación, etc.). Permite, por tanto y mediante cálculos, obtener variables como la potencia y el trabajo mecánico, la fuerza o la velocidad. Como instrumento de valoración permite caracterizar las propiedades biológicas individuales y las cualidades fisiológicas específicas durante la ejecución de movimientos naturales contra la fuerza de la gravedad, dispone de un sistema de información visual y acústico que indica la intensidad del esfuerzo, confrontando los valores de la potencia desarrollada con los de la potencia óptima, de modo que cualquier desviación de los niveles óptimos es comunicada al sujeto que trabaja (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010). Tradicionalmente, los encoder

lineales han sido frecuentemente utilizados en poblaciones jóvenes, pero recientemente se ha validado el uso en AM (Gray & Paulson, 2014; Lindemann, Farahmand, Klenk, Blatzonis, & Becker, 2015; Lindemann et al., 2016).

Fuerza resistencia

Finalmente, para evaluar la fuerza resistencia, existen, al igual que ocurre con los otros tipos de fuerza, numerosos métodos para cuantificarla. Algunos de ellos son la prueba de *press banca*, el *push up test* y el *curl up test* recogidos por la ACSM (2010), y el *side bridge test*, el *Ito test*, o el *Sorensen test* (Juan-Recio, Barbado, López-Valenciano, & Vera-García, 2014).

No obstante, para evaluar la fuerza resistencia a la vez que otros parámetros de la condición física en AM, el método más adecuado en la actualidad es mediante el *Senior Fitness Test* (SFT) (Rikli & Jones, 1997, 2001, 2013). Esta, una batería diseñada para valorar la condición física de los adultos mayores con fiabilidad y de forma segura. El SFT se puede aplicar en personas con diferentes edades entre 60 y 94 años de edad, es de fácil aplicación en cuanto al equipamiento y espacio necesarios, por lo que puede realizarse fuera o dentro del laboratorio. Este Test valora los 5 componentes principales que son: composición corporal, fuerza muscular, resistencia cardio-respiratoria, flexibilidad y equilibrio.

La aplicación del SFT en los adultos mayores brinda a los participantes realizar con facilidad las actividades que se mencionan en dicho test de una forma fácil y con riesgos menores al momento de realizar su aplicación ya que todas las pruebas a realizarse están adaptadas a la edad de cada adulto mayor. Es un método que ha demostrado estar en auge en lo que respecta a la evaluación de la condición física general, a diferencia de otros test utilizados hasta el momento, ya que el participante podrá así realizar de manera adecuada los ejercicios y evitar complicaciones durante y después de la valoración en los AM.

Las tablas normativas y los criterios de referencia fueron desarrollados para el SFT basándose en un estudio nacional realizado a más de 7.000 personas mayores independientes, de entre 60 a 94 años de edad de 267 lugares diferentes de Estados Unidos, en las cuales es posible basarse para regir los parámetros de “normalidad”.

2.5.4.2. Métodos de evaluación de la fuerza isométrica

La fuerza isométrica se evalúa como la fuerza o torque máximo generado por una contracción isométrica voluntaria máxima, y su valoración presenta una buena fiabilidad y correlación con el rendimiento en régimen estático (Abernethy, Wilson, & Logan, 1995).

En la actualidad puede ser evaluada a través de diferentes métodos. A continuación, se describen los más utilizados.

Dinamómetros

Los dinamómetros son instrumentos que se utilizan para evaluar la fuerza isométrica de los músculos de presión, así como los músculos de las piernas y la espalda. Son pequeños, portables y ligeramente livianos, y poseen una escala fijada a un escalón o plataforma (Alvarenga, Kiyomoto, Cardoso, Polesello, & dos Santos, 2019). Pueden ser electrónicos o funcionar mediante la compresión de un muelle aplicando fuerza al dinamómetro, y obteniendo así, los valores de la presión isométrica ejercida, los cuales generalmente vienen expresados tanto en libras como en kilogramos. Estos dispositivos son útiles a nivel clínico, ya que la fuerza de agarre está relacionada con la calidad de vida y la mortalidad en AM (Smith, Yang, & Hamer, 2019).

Tensiómetro de cable

Los tensiómetros de cable son instrumentos que pueden utilizarse para valorar la fuerza isométrica de 38 grupos musculares diferentes de todo el cuerpo. Además del

tensiómetro, cuentan con cables de acero, ganchos de pared, correas, un goniómetro y una mesa de pruebas (Brown & Weir, 2001; Cerda, 2018). El cable siempre está situado en ángulo recto con respecto a la palanca ósea que realiza la acción de tirar. A medida que el individuo ejerce fuerza sobre el cable, el elevador del tensiómetro se deprime y una aguja indicadora de la fuerza máxima realizada registra la puntuación de la fuerza estática (Brown & Weir, 2001; Cerda, 2018).

Dinamómetros isocinéticos

La medición isocinética de la fuerza se produce cuando un músculo se acorta a una velocidad constante, por ende, la articulación que permite el movimiento lo hace a una velocidad angular constante (Brown & Weir, 2001; Cerda, 2018). Para poder realizar esto se requiere de un dispositivo que proporcione resistencia al movimiento de la extremidad de modo que un segmento de miembro no pueda acelerar más allá de la velocidad angular preestablecida en el dispositivo (Brown & Weir, 2001; Cerda, 2018). Como resultado, la máquina no proporciona resistencia, ni mide el torque hasta que el segmento intenta exceder la velocidad preestablecida. En teoría, por lo tanto, cuando el segmento alcanza la velocidad preestablecida e intenta acelerar, la extremidad se moverá a una velocidad constante (Brown & Weir, 2001; Cerda, 2018). Como se puede observar, este tipo de dispositivos evalúa en forma dinámica, pero los dispositivos isocinéticos se pueden programar para trabajar en velocidad cero, funcionando como un dinamómetro común. Por esto cumplen una función dual, tanto dinámica como estática (Brown & Weir, 2001; Cerda, 2018).

Célula de carga

Estos dispositivos están diseñados para transformar una señal mecánica que consiste en la deformación de un elemento producto de la carga o fuerza aplicada sobre

ella a una señal eléctrica medible y por lo tanto cuantificable (Brown & Weir, 2001; Cerda, 2018; Steeves et al., 2019). Cada célula de carga se deforma ante diferentes formas en que se aplica la carga que puede ser compresión, tensión, flexión o cizallamiento. En la actualidad este es el método más utilizado para medir la fuerza, siendo un método fiable y de gran precisión (Brown & Weir, 2001; Cerda, 2018; Steeves et al., 2019). La señal eléctrica generada va conectada a un soporte informático que permite recoger los datos y almacenarlos para su posterior tratamiento (Brown & Weir, 2001; Cerda, 2018; Steeves et al., 2019).

2.5.4.3. Métodos de evaluación de la fuerza isocinética

La valoración de la fuerza isocinética se realiza por medio de dinamómetros isocinéticos. Estos son dispositivos que se utilizan para cuantificar de manera objetiva la fuerza contráctil ejercida, principalmente, en un eje articular, lo que permite realizar una comparación de manera ipsilateral y contralateral y detectar en los segmentos participantes, sus posibles desbalances musculares (Dvir, 1991; Huesa-Jiménez, García-Díaz, & Vargas-Montes, 2005; Urrialde, 1998). Permiten almacenar una notable cantidad de valoraciones, permitiendo así, registrar y reproducir protocolos, a la vez que comparar entre grupos musculares agonistas y antagonistas (Dvir, 1991; Gleeson & Mercer, 1992; Taylor, Sanders, Howick, & Stanley, 1991; Tis & Perrin, 1994). La Dinamometría isocinética ha demostrado ser una herramienta de evaluación exacta y segura y es considerada actualmente el “*Gold Estándar*” para analizar la fuerza muscular, (Kindel & Challis, 2017; Paul & Nassis, 2015).

Este dispositivo produce un movimiento, ya sea controlado hidráulicamente o por vía electrónica, a una velocidad constante. Está diseñado para mantener la velocidad de movimiento de los músculos que se están ejercitando de manera constante,

independientemente de la fuerza aplicada (Brown & Weir, 2001; Kindel & Challis, 2017; Paul & Nassis, 2015).

En la actualidad se conocen dos tipos de dinamómetros, el hidráulico y el electro magnético.

Dinamómetro isocinético hidráulico

El dinamómetro isocinético hidráulico basa su funcionamiento en un circuito de aceite, en el cual, el fluido se desplaza en un sentido y su contrario por el rotor que traslada el sujeto de estudio en el eje de rotación. Mediante válvulas de paso se mantiene la velocidad constante en la ejecución, sin embargo, controlar el flujo de aceite no siempre resulta preciso, viéndose afectada la velocidad de secreción de la sustancia y por ende, el movimiento de la acción muscular. Debido a esto, si la velocidad angular durante la ejecución es demasiado elevada o demasiado escasa, la secreción de aceite no será capaz de comprimir el volumen adecuado para una resistencia deseada. De otra manera, solo se aumentará la fuerza aplicada pudiendo detectar un aumento de presión sobre la prueba (Jordá, 1998).

Dinamómetro isocinético eléctrico magnético

El dinamómetro isocinético eléctrico magnético, o electro magnético, es un dispositivo de valoración de la fuerza isocinética que basa su funcionamiento en un motor eléctrico, el cual permite mantener una velocidad constante durante la ejecución de un ejercicio, siendo la carga ejercida por el sujeto de estudio independiente a la carga que el dispositivo es capaz de soportar, y siendo el esfuerzo ajustado por medio de engranes. Tal es el caso que el circuito de retroalimentación en función con el servoamplificador, hace realizar un esfuerzo totalmente proporcional a la fuerza aplicada por el sujeto (Jordá, 1998; Mahir, Belhaj, Zahi, Lmidmani, & El Fatimi, 2016).

Este dinamómetro realiza la medición mediante extensiómetros como los que se encuentran en básculas digitales. El mecanismo del dinamómetro permite realizar ejercicio y evaluaciones de forma tanto concéntrica como excéntrica (Jordá, 1998). Además de ser un método de referencia para la evaluación de la fuerza muscular, también permite hacer un diagnóstico funcional en ciertas patologías (Mahir et al., 2016).

La evaluación de la fuerza muscular se valora en términos de parámetros físicos como el pico del torque (también llamado pico del par o *peak torque*), potencia y trabajo total. De ellos, el pico del torque máximo demuestra el menor error de medición demostrando la mayor fiabilidad y sensibilidad para establecer un índice de fuerza isocinética que se utiliza con continuidad en diferentes investigaciones, siendo la articulación de rodilla, la evaluación realizada con mayor frecuencia en los estudios (Gleeson & Mercer, 1996). Con el registro de los parámetros físicos mediante la metodología isocinética, se pueden elaborar toda una serie de registros en forma de figuras y tablas que, correctamente interpretadas, se pueden integrar como datos clínicos para llegar a una evaluación clínica objetiva (Mahir et al., 2016).

Existe una gran diversidad de aparatos isocinéticos (Biodex, Cibex, Kimcom, Spark, etc.), y cada uno con características propias. No obstante, se puede considerar entre las ventajas del uso de estos dispositivos que:

- El trabajo se puede aplicar en todas las articulaciones.
- El aparato isocinético trabaja a una velocidad angular constante, que se mantiene durante toda la prueba isocinética.
- Las fuerzas compresivas articulares disminuyen a la vez que existe una máxima lubricación articular.

- Se puede cuantificar el momento de fuerza, el trabajo y la potencia generada por el sujeto en cada punto del campo cinético. Está demostrado que estas mediciones son fiables y reproducibles.
- Fortalece toda la musculatura durante todo el recorrido del movimiento articular.

2.5.5. Efectos sobre el bienestar

El sentimiento de bienestar, y la satisfacción con uno mismo, son factores psicológicos que el anciano va perdiendo conforme avanza su vejez. La práctica de ejercicio físico es una herramienta que favorece la reversión de esta situación (Catalano, 2018).

Está comprobado que una práctica regular de actividad física, ayuda al adulto mayor y a las personas en general a combatir la depresión y la ansiedad (Ahlskog et al., 2011). Además, las personas que parten con un nivel elevado de depresión o ansiedad ven incrementada la influencia positiva del ejercicio físico (Neviani et al., 2017). Como ya se comentó en apartados anteriores, la actividad física más adecuada ante estos síntomas es la enfocada al ejercicio aeróbico a una intensidad baja o moderada (García-Molina et al., 2010).

Cabe destacar que, debido en parte al punto de partida biomédico de la geriatría y la gerontología enfocado al declive y deterioro cognitivo propio de la edad, en la literatura científica predominan los estudios orientados a emociones negativas tales como la depresión o la enfermedad, por encima de los enfocados a emociones positivas como la felicidad, la satisfacción y la salud (Pressman & Cohen, 2005). Sin embargo, en la actualidad, cada vez son más los estudios que se centran en el bienestar emocional y el

estudio del envejecimiento activo, el cual le concede más relevancia a lo psicológico y lo social (Jiménez, Izal, & Montorio, 2016).

En este sentido, la práctica de ejercicio físico es uno de los factores relacionados en el mundo de la investigación con la mejora del bienestar tanto físico como psicológico (Fox, Stathi, McKenna, & Davis, 2007). A esto hay que añadirle los beneficios que el ejercicio aporta sobre la satisfacción con la vida (González-Serrano, Huéscar, & Moreno-Murcia, 2013), y al bienestar mental, la auto percepción y el estado de ánimo (Chodzko-Zajko et al., 2009; Windle, 2014).

Siguiendo esta línea, son varios los estudios que destacan la relación beneficiosa que existe entre la actividad física y el bienestar psicológico en AM (Fox et al., 2007; Garatachea et al., 2009; Grönstedt et al., 2011; Olsson, Hurtig-Wennlöf, & Nilsson, 2014; Stubbe, Moor, Boomsma, & Geus, 2007). La práctica de ejercicio físico de manera regular permite mejorar aspectos tales como la autoeficacia física global, la confianza en la autopresentación física, la habilidad física percibida, la autoestima y la satisfacción con la vida (Sesmero, Belloch, Sigüenza, Montolio, & Tomás, 2005).

Estudios previos afirman que los AM que realizan actividad física, con frecuencia reflejan una mayor habilidad personal para elegir o crear entornos favorables y satisfacer los deseos y necesidades propias, considerándose esta, una característica positiva. A su vez, la actividad física favorece la felicidad de los AM por encima de los que han tenido una vida sedentaria (Bohórquez, Lorenzo, & García, 2013), sobre todo en los que muestran una mayor actividad (Oliva, Mendizábal, & Asencio, 2013). Es importante destacar la importancia de potenciar los sentimientos positivos, ya que, según estudios previos, favorecen un mejor estado de salud y una mayor esperanza de vida (Diener & Chan, 2011). El estado de ánimo positivo, como la alegría y la felicidad, así como la

satisfacción con la vida, la esperanza, el optimismo y un buen sentido de humor se asocian con un menor riesgo de mortalidad (Chida & Steptoe, 2008).

Por otro lado, García-Molina et al. (2010), afirma que un estudio cualitativo con hombres y mujeres de entre 65 y 72 años de edad, en el cual los sujetos eran preguntados por sus sensaciones tras un programa de ejercicio físico de 3 meses basado en el desarrollo de la fuerza a intensidad moderada y alta, supuso para todos, una mejora significativa de sus sentimientos de bienestar personal. La clave dada por los mayores radicó en el sentimiento de autoeficacia que habían percibido y en el incremento de sus relaciones sociales.

2.5.5.1. Métodos de evaluación del bienestar

La literatura científica se refiere utilizando diferentes denominaciones a los instrumentos que se utilizan para valorar las variables psicológicas: tests, escalas, cuestionarios, inventarios, etc., no esclareciendo siempre esta distinción. Se emplea el término test para referirse a cualquier herramienta de medición psicológica y especialmente para hacer referencia a los instrumentos de valoración de las variables del tipo cognitivo en los que las respuestas de los sujetos son correctas o incorrectas y la puntuación total en el test viene dada por la suma de todas las respuestas correctas obtenidas, generándose una escala jerárquica o acumulativa (Barbero, Vila, & Suárez, 2003).

Los cuestionarios son instrumentos que se utilizan para recoger, cuantificar y universalizar la información y estandarizar el procedimiento de la entrevista. Constan de diferentes ítems o preguntas que no necesariamente se relacionan entre ellas, y pueden ser puntuados e interpretados individualmente (Barbero, Vila, & Suárez, 2003).

Una escala de evaluación es una herramienta que permite un escalamiento acumulativo de sus ítems dando puntuaciones globales al final de la evaluación. Su carácter acumulativo lo diferencia de otras herramientas comúnmente utilizadas, como los cuestionarios de recogida de datos, los inventarios de síntomas, las entrevistas estandarizadas o los formularios (Barbero, Vila, & Suárez, 2003).

La mayoría de los cuestionarios o instrumentos de medida de la calidad de vida y el bienestar se componen de unas instrucciones de cumplimentación, un grupo de ítems o preguntas y unas opciones de respuesta. Los ítems generalmente se agrupan en dimensiones que miden diferentes aspectos de la salud, como la función física, el dolor, la función social, la función emocional, la función cognitiva, el aspecto laboral, los síntomas de la enfermedad o los efectos secundarios del tratamiento entre otros (Badia, 2004). El número y tipo de dimensiones e ítems incorporados depende del propósito del instrumento, del modelo conceptual en el cual se basa y de consideraciones prácticas como el tiempo disponible para administrar el cuestionario y la carga para el paciente (Badia, 2004; Mora, Bravo, Moran, & Álvarez, 2014).

Las opciones de respuesta generalmente son de tipo dicotómico (verdadero/falso) o en forma de una escala Likert (entre 4 y 7 opciones ordinales de respuesta, por ejemplo, desde “extremadamente cansado” a “nada cansado”), aunque algunos cuestionarios también utilizan escalas visuales analógicas. Las puntuaciones para cada ítem generalmente se suman para tener una puntuación global para cada dimensión del cuestionario, y estas puntuaciones también se pueden sumar a su vez para obtener una puntuación global de todo el cuestionario. Respecto al número de opciones de respuesta a incluir en una escala Likert para este tipo de cuestionario de medición de la calidad de vida y bienestar, un estudio reciente indicó que el número óptimo era de 5, con el que se

maximiza la sensibilidad de la escala mientras se evita la posible confusión entre términos cuando el número de opciones de respuesta es mayor (Badia, Herdman, & Sais, 1999).

Algunos de los instrumentos utilizados para valorar la calidad de vida y el bienestar en AM son el cuestionario de salud *EuroQol-5D* (EuroQol Group, 1990), el perfil de salud de Nottingham (Hunt et al., 1980), la *Quality of Well-Being* (QWBS) (Kaplan, Bush, & Berry, 1976), el cuestionario de calidad de vida de la OMS (WHOQoL Group, 1995), la *Twenty-two Screening Score of Psuchiatric Symptoms* (SSPS) (Langner, 1962), el *General Well-Being Schedule* (GWB) (Fazio, 1977), el *Index of Psychological General Well-being* (PGWB) (Dupuy, 1984), el *Mental Health Inventory* (MHI) (Ware, Johnston, & Davies-Avery, 1979), el *Oxford Happiness Inventory* (OHI) (Argyle, Martín & Crossland 1989), las *Scales of Psychological Well-Being* (SPWB) (Ryff, 1989), las *Well Being Scales Warr* (1987, 1990), o la Escala de Bienestar Psicológico de Sánchez-Cánovas (EBP) (Sánchez-Cánovas, 1998).

Por otro lado, uno de los cuestionarios más utilizados para valorar el bienestar físico psicológico y social en AM es el SF-36. Este cuestionario fue elaborado por Ware & Sherbourne (1992) a partir de un conjunto de cuestionarios utilizados en su *Estudio de los Resultados Médicos*, y de los cuales se seleccionaron un número reducido de entre los cuarenta conceptos relacionados con la salud que posee, siendo esta cifra suficiente para conservar la validez del cuestionario y las características operativas del test inicial (Alonso, Prieto, & Antó, 1995). De esta forma, se establecieron ocho dimensiones constituidas por 36 ítems que valoran los estados positivos y negativos de la salud.

Además, según Vilagut et al. (2005), existe un ítem añadido que no se utiliza en el cálculo de ninguna escala, y que sería un ítem de transición y permite autovalorar el cambio en el estado de salud general actual con respecto al año anterior. Este ítem permite

obtener información sobre el cambio percibido en el estado de salud en el transcurso de un año.

Para cada dimensión, los ítems se codifican, agregan y transforman en una escala que va desde cero (el peor estado de salud) hasta 100 (el mejor estado de salud). Se obtiene de este modo un índice para cada escala, puesto que no ha sido diseñado para generar un índice global (Alonso, Prieto, & Antó, 1995).

El instrumento es aplicable a población a partir de una edad igual o superior a 14 años y fue diseñado para ser autoadministrable, aunque se ha demostrado que puede administrarse a modo de entrevista e incluso por vía telefónica sin alterar su consistencia interna (Ware, 1993). Igualmente, se ha demostrado su utilidad con personas adultas mayores tanto en España (Ferrer et al., 1997; López-García et al., 2003; Regidor et al., 1999) como fuera (Lyons, Perry, & Littlepage, 1994; Walters, Munro, & Brazier, 2001; Wood et al., 2005).

Para la versión española del SF-36, se llevó a cabo el Proyecto Internacional de Adaptación del Cuestionario Original; *International Quality of Life Assessment (IQOLA)* (Aaronson et al., 1992; Bullinger et al., 1998), por lo tanto, la traducción al castellano siguió un protocolo común a todos los países que participaron en dicho proyecto basado en el método de traducción-retrotraducción. Los trabajos de Alonso, Prieto, & Antó (1995) y Vilagut et al. (2005) describen paso a paso el trabajo desarrollado, realizando una traducción minuciosa de la versión original.

La versión española del SF-36 Health Survey muestra una elevada consistencia interna para gran parte de las dimensiones que lo componen, así como una reproductividad aceptable similar a la del instrumento original (Alonso, Prieto, & Antó, 1995; Jenkinson, Coulter, & Wright, 1993; McHorney, Ware, Lu, & Sherbourne, 1994; Nerenz, Repasky,

Whitehouse, & Kahkonen, 1992). Por otra parte, el hecho de que el método utilizado para su obtención fuera idéntico al seguido por investigadores de otros países, asegura la adecuación de la versión española para la realización de trabajos internacionales (Alonso, Prieto, & Antó, 1995).

2.5.6. Otros efectos

Está comprobado que la falta de práctica regular de ejercicio físico, contribuye al comienzo precoz y al desarrollo de las principales enfermedades cardiovasculares (García-Molina et al., 2010). Partiendo de ahí, cualquier incremento en los niveles de actividad física, trae consigo, una variedad de efectos positivos sobre el sistema cardiovascular del adulto mayor. De la misma manera que un estilo sedentario acarrea una posibilidad mayor de contraer enfermedades cardiovasculares (Franco et al., 2005; Lachman et al., 2018).

De esta manera, el practicar ejercicio físico con regularidad, permite al adulto mayor prevenir todas las alteraciones y enfermedades cardiovasculares que tienen su origen en la aterosclerosis, previene y permite controlar ciertos factores de riesgo que comúnmente se asocian a enfermedades cardiovasculares como el aumento de los triglicéridos y las lipoproteínas de densidad baja a niveles demasiado altos, o el descenso de las lipoproteínas de densidad alta a niveles excesivamente bajos (García-Molina et al., 2010). El ejercicio aeróbico permite mejoras en los vasodilatadores, y en la capacidad de absorber O₂ de los grupos musculares cuando el anciano está entrenando (Wray et al., 2006). Provoca numerosos efectos beneficiosos como la reducción de la rigidez de las grandes arterias elásticas (Tanaka et al., 2000), mejora el tejido endotelial (DeSouza et al., 2000), y la función del barorreflejo, además de aumentar el tono vagal (Salech et al., 2012). Por otro lado, la práctica de actividad física también mejora el rendimiento contráctil del miocardio (Chodzko-Zajko et al., 2009).

Con referencia a la mejora del sistema inmune y el proceso de envejecimiento, debe destacarse que el paso de los años está asociado también con la desregulación del sistema inmune, siendo esto denominado como inmunosenescencia. Utilizando el estudio hecho por García-Molina et al. (2010) como base, se puede afirmar que la inmunosenescencia provoca en el organismo una serie de alteraciones celulares y moleculares que conllevan una inadecuada adaptación inmune. Esto a su vez, desemboca en un incremento de la incidencia de infecciones y el riesgo de sufrir desórdenes inmunitarios tales como la autoinmunidad, cáncer o enfermedades inflamatorias (Fernandez, Clemente, & Giannarelli, 2018). La actividad física, es también en este caso, un recurso para combatir los efectos que la inmunosenescencia tiene sobre el organismo. El ejercicio regular una vez se ha prolongado en el tiempo, consigue de cara a una mejora de esta situación, una disminución del riesgo de contraer infecciones, aumentar el beneficio que tienen las vacunas mejorando sus efectos, optimizando aspectos físicos y psicosociales que actúan en la vida diaria de los adultos mayores y que ayudan a mejorar el sistema inmune, etc. (Senchina & Kohut, 2007). Con referencia a los efectos positivos sobre la enfermedad del cáncer, no son muchos los estudios que han investigado los efectos del ejercicio físico en personas que padecen esta enfermedad, sin embargo, algunos afirman que un entrenamiento adecuado y regular, por lo menos disminuye el riesgo de desarrollar algunos tipos de cáncer como el de colon o el de mama (Chodzko-Zajko et al., 2009; Garber et al., 2011; Zimmer et al., 2016). Por otro lado, otros estudios, postulan que uno de los síntomas más prevalentes asociados a la sintomatología del cáncer y su tratamiento es la fatiga (García-Molina et al., 2010), y que esta, muchas veces prevalece años después del tratamiento provocando la disminución en la funcionalidad y autonomía de la persona. Con la práctica deportiva, se puede contrarrestar este síntoma reduciendo los niveles de fatiga permitiendo al adulto mayor mantener una función física más digna. Según García-

Molina et al. (2010), la revisión de Courneya & Harvinen (2007) sobre la relación entre ejercicio, edad y cáncer, muestra que pocos estudios han valorado la práctica de ejercicio en personas mayores supervivientes al cáncer. Sin embargo, concluyen que los adultos mayores que lograron superar el cáncer, obtienen beneficios similares al resto de personas, sin tener mayor dificultad de adherencia a programas de ejercicio físico y poseyendo diferentes determinantes y motivaciones prácticas. Así pues, incluir programas públicos de ejercicio físico orientados a este grupo poblacional sería importante.

2.6. Prescripción física

El objetivo de promover y facilitar la actividad física a la población perteneciente a la tercera edad, no es otra que permitirles el mejorar su capacidad funcional, su estado de bienestar y su calidad de vida. Para ello, es imprescindible que el ejercicio físico se adapte a la realidad de cada uno de los adultos mayores buscando la manera más eficiente de estructurar un entrenamiento que permita en ellos mejorar las distintas cualidades físicas básicas (estas son el equilibrio, la resistencia, la flexibilidad, y la fuerza), que a la postre son las que les permitirán mantener esa autonomía funcional (Solà, López, & Valero, 2014).

2.6.1. Prescripción física para el control de la composición corporal

Cara a reducir o mantener la composición corporal, la estrategia más eficaz es combinar la práctica de actividad física junto con un control alimenticio. Un consumo kilo-calórico superior a la ingesta calórica, permitirá una pérdida de peso eficaz (Zunzunegui, 2012).

Los programas de ejercicio enfocados a controlar la composición corporal en cualquier sector poblacional deberán procurar un aumento del gasto calórico a la vez que prevengan el riesgo de sufrir lesiones. A su vez, deben valorar el gasto calórico que

generaría un ejercicio particular durante su ejecución, y el que generaría la recuperación del mismo. Combinar estos programas con actividades complementarias que formen parte de un estilo de vida activo (como la marcha) resulta otra estrategia eficaz para favorecer el consumo energético. A la semana es recomendable completar un mínimo de dos horas y media de ejercicio físico moderado, combinando actividad física aeróbica y ejercicio de fuerza por medio de entrenamiento de resistencia muscular (Zunzunegui, 2012).

El ejercicio de carácter aeróbico resulta eficaz para la reducción de la masa grasa (Ismail et al., 2012), tanto de la total como de la visceral (Janiszewski & Ross, 2009). Permite controlar y reducir el peso corporal, por lo que resulta un método útil para prevenir o tratar la obesidad y otros problemas que se asocian a esta, como el metabolismo de la glucosa, la dislipemia o la hipertensión. El ejercicio aeróbico posee también un efecto mayor sobre el consumo máximo de oxígeno reduciendo el riesgo de sufrir enfermedades coronarias (ACSM, 2009) como la diabetes, el estrés oxidativo (Candón et al., 2016), la frecuencia cardíaca basal y la presión sanguínea (Smith et al., 2006).

Serra & Bagur (2004) clasifican el entrenamiento aeróbico en: Continuo, consistente en trabajo continuado a una velocidad constante (continuo armónico) o con cambios de intensidad (continuo variable); Interválico, basado en un trabajo por repeticiones y pausas que permiten una recuperación completa; Entrenamiento con repeticiones y pausas de recuperación completa.

La intensidad del ejercicio determinará la cantidad de energía total y el combustible utilizado durante el ejercicio. El ejercicio continuo de intensidad baja utiliza los lípidos como combustible, mientras que aumentar la intensidad traerá consigo, una mayor aportación del metabolismo de los hidratos de carbono (Jorquera, 2012).

Se recomienda un entrenamiento de 3 a 5 días semanales de carácter aeróbico a una intensidad que se encuentre entre el 55% y 65% y que no exceda el 90% de la frecuencia cardíaca máxima, con una duración de entre 20 y 60 minutos por sesión de entrenamiento continuo o intermitente (con un mínimo de 10 minutos acumulados de ejercicio en cada parte si este se divide) dentro de un programa saludable. La intensidad nuevamente será determinante, en esta ocasión, para programar la duración del ejercicio, ya que el ejercicio ejecutado a intensidad baja debe tener una duración más elevada (30 minutos o más), mientras que el ejercicio de alta intensidad debe poseer una duración más reducida (20 minutos o más) (ACSM, 1998).

Estudios más recientes defienden que el entrenamiento de la fuerza puede resultar adecuado para controlar la composición corporal y prevenir o tratar la obesidad (Mekary et al., 2015; Candón et al., 2016). El entrenamiento regular de la fuerza no sólo provoca el desarrollo de fuerza, masa y resistencia muscular, también contribuye al mantenimiento del metabolismo basal, lo que complementa el control de peso junto con el entrenamiento aeróbico (Hunter et al., 2008; Paoli et al., 2013). Según Ormsbee et al. (2007), un entrenamiento de fuerza puede traducirse en un gasto kilo-calórico superior, conocido como “*Excess Post-exercise Oxygen Consumption*” que puede prolongar sus efectos hasta 48 horas después de finalizar el entrenamiento. Además de mantener y favorecer el aumento de la masa muscular, este tipo de entrenamiento también posee efectos beneficiosos en la regulación hormonal para controlar diversos procesos biológicos entre los que se encuentra el proceso inflamatorio (Henningesen, Rigbolt, Blagoev, Pedersen y Kratchmarova, 2010). Así pues, favorece el control de la composición corporal disminuyendo la masa grasa, aumentando la masa magra, aumentando lipoproteínas de alta densidad (HDL), disminuyendo lipoproteínas de baja densidad (LDL), reduciendo

el nivel de glucosa plasmática y también, reduciendo la presión arterial sistólica (Candón et al., 2016; Dias et al., 2015; Skrypnik et al., 2015).

Se recomienda el entrenamiento en circuitos de 8 a 10 ejercicios diferentes y que trabajen tanto tren superior como tren inferior implicando los mayores grupos musculares. Es aconsejable realizarlo de 2 a 4 días a la semana y la múltiple repetición del circuito para conseguir mayores beneficios. Para personas mayores o frágiles, de 50 o 60 años en adelante, es apropiado realizar de 10 a 15 repeticiones y reducir la carga proporcionalmente (ACSM, 1998).

2.6.2. Prescripción física para el desarrollo del hueso

Según la teoría del mecanostato de Frost (1987), la función mecánica de los huesos se obtiene, y a su vez se mantiene, mediante mecanismos homeostáticos, los cuales ajustan la masa ósea y la arquitectura de los huesos para así, poder controlar las deformaciones que se producen debido a las cargas mecánicas y a la actividad funcional. La teoría establece que el hueso se adapta mediante diferentes procesos biológicos dentro de las "ventanas" de uso mecánico, con umbrales definidos por una tensión mínima efectiva para modelar, remodelar y reparar (Figura 6). La respuesta a la tensión mecánica es específica de la localización ósea, pero varios factores no mecánicos, como el estrógeno, pueden alterar el punto de ajuste mecano-sensorial para la adaptación esquelética (Forwood & Turner, 1995; Frost, 1999; Lanyon, 1996; Turner, 1999). Por ejemplo, la abstinencia de estrógenos en afecciones como la menopausia femenina puede provocar una pérdida ósea similar a la del uso, como si el punto de ajuste o la carga umbral para la remodelación ósea se hubieran desplazado hacia la derecha (Forwood & Turner, 1995) (Figura 6). Se ha encontrado que el área de sección transversal ósea, la DMO y el momento transversal de inercia, o índice de fuerza, se correlacionan lineal y positivamente con el área de sección transversal muscular y la fuerza en hombres y

mujeres premenopáusicas, pero con pendientes decrecientes para las mujeres postmenopáusicas (Ferretti, Cointy, Capozza, & Frost, 2003). En consecuencia, se puede plantear la hipótesis de que los músculos no fortalecen los huesos dentro del continuum de tensión mecánica habitual en el hueso si se da el caso de una deficiencia de estrógenos (Suominen, 2006).

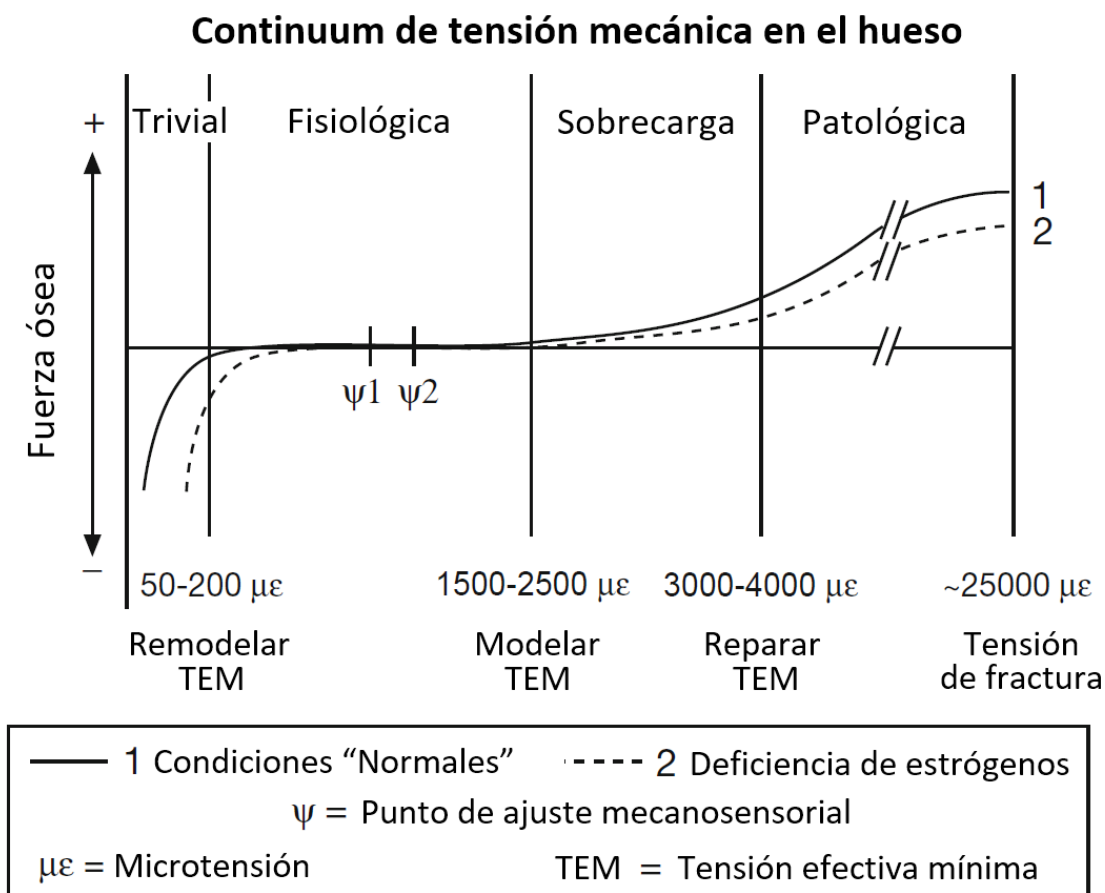


Figura 6. Cambios teóricos en la resistencia ósea en función del uso mecánico en condiciones de estado "normal" y deficiencia de estrógenos. Extraído de Suominen (2006).

Según Suominen (2006), realizar contracciones musculares permite generar las mayores cargas fisiológicas en el hueso (Burr, 1997; Frost, 1999; Kelley, Kelley, & Kohrt, 2012; Lu, Taylor, O'Connor, & Walker, 1997; Martyn-St James & Carroll, 2006). Durante el movimiento corporal, los músculos luchan contra la resistencia que ofrece el propio peso mediante brazos de palanca, lo que supone que la fuerza requerida por la mayoría de los músculos llega a duplicarse, e incluso en ocasiones, llega a multiplicarse

por cinco durante el ejercicio intenso (Frost, 1999; Morseth, Emaus, & Jørgensen, 2011). Esto puede explicar por qué los músculos fuertes generalmente se asocian con huesos fuertes (Suominen, 2006). Sin embargo, durante el ejercicio, la acción muscular no solo genera estrés en los huesos, sino que también estabiliza las articulaciones, absorbe los golpes y compensa los momentos de flexión producidos por las fuerzas gravitacionales y las fuerzas externas (Morseth, Emaus, & Jørgensen, 2011; Munih, Kralj, & Bajd, 1992). Cabe destacar que las medidas de la masa muscular y la fuerza no permiten conocer en que extensión los músculos se utilizan realmente para la carga ósea, como tampoco están claros los mecanismos exactos por los cuales la actividad muscular y la carga de peso pueden activar los procesos adaptativos del hueso (Kemmler, Engelke, & von Stengel, 2016; Kostka, Kostka, & Borowiak, 2017; Suominen, 2006). Sin embargo, parece que los osteocitos y otras células óseas sensibles pueden detectar la tensión asociada con las tensiones de cizallamiento de los fluidos y la creación de potenciales de transmisión a través del sistema de red lacunar-canalicular dentro del hueso (Duncan & Turner, 1995; Hsieh & Turner, 2001).

Estudios realizados en animales reflejan la evidencia de controles mecánicos en el modelado y remodelado óseo, constatando que la adaptación ósea es impulsada por cargas dinámicas de manera más eficaz que con la aplicación de cargas estáticas, siendo osteogénicamente más efectivos los ejercicios secuenciados en cortos períodos de tiempo con una carga suficiente de tensión y con períodos de descanso, en comparación con el ejercicio basado en una única sesión. A su vez, programar ejercicios mostrando variedad en ellos, supone un estímulo osteogénico más eficaz que realizar las mismas actividades de manera habitual (Robling, & Turner, 2002; Turner, 1998).

Diversos estudios han evidenciado la eficacia del entrenamiento de la fuerza y la potencia para mejorar la salud ósea (Heinonen et al., 1995; Suominen, 1993, Taaffe,

Suominen, Ollikainen, & Cheng, 2001), viéndose estos resultados con mayor diferencia en propiedades geométricas del hueso como el grosor cortical y el área transversal de los huesos largos (Heinonen, Sievänen, Kyröläinen, Perttunen, & Kannus, 2001; Heinonen, Sievänen, Kannus, Oja, & Vuori, 2002; Nikander, Sievänen, Heinonen, & Kannus, 2005), y siendo este tipo de entrenamiento a largo plazo aparentemente efectivo para preservar propiedades óseas superiores hasta la vejez (Huddleston, Rockwell, Kulund, & Harrison, 1980; Welch & Rosen, 2005). Además, los estudios en animales han demostrado que la velocidad de carga o la tensión aplicada influye en la capacidad osteogénica del ejercicio (Turner, Owan, & Takano, 1995). En consecuencia, los ejercicios que implican impacto (como saltar) son los mejores para construir huesos (Turner, 1998). Desafortunadamente, los ejercicios de alto impacto suponen una dificultad para los ancianos y pueden agravar la osteoartritis en las articulaciones (Turner & Robling, 2005). Por otro lado, cabe destacar que el tejido óseo se desensibiliza a la carga mecánica después de unas pocas repeticiones de ejercicio, de manera que el ejercicio adicional no agrega más respuesta anabólica (Rubin & Lanyon, 1984; Umemura, Ishiko, Yamauchi, Kurono, & Mashiko, 1997).

La actividad física basada en la resistencia que posee escaso o ningún impacto (como el ciclismo), podría estar asociada a una baja DMO localizada por toda la estructura esquelética, por lo que, una vez llegada a la tercera edad, podría incluso resultar perjudicial para la salud (Nichols, Palmer, & Levy, 2003). En este sentido, la práctica de ejercicio resulta eficaz sobre todo para preservar la salud ósea más que para mejorarla en AM, y es que, si bien el ejercicio de impacto aparentemente muestra un efecto osteogénico en localizaciones óseas importantes a nivel clínico en mujeres premenopáusicas (Heinonen et al., 1996; Bassey & Ramsdale, 1994; Vainionpää, Korpelainen, Leppäluoto, & Jämsä, 2005), en general es difícil mejorar la DMO y la

geométrica de los huesos una vez que ya se ha alcanzado el pico de masa ósea. Aunque existen resultados contradictorios con respecto a los efectos del ejercicio sobre la masa ósea en mujeres postmenopáusicas, las revisiones sistemáticas indican que el ejercicio puede generar beneficios clínicamente relevantes para la DMO (Kelley, Kelley, & Kohrt, 2012; Martyn-St James & Carroll, 2006).

El ejercicio aeróbico es importante para mantener la salud en general, mientras que el ejercicio físico con pesas tiene un efecto positivo sobre la masa ósea (Heinonen et al., 1996, Howe et al., 2011; Uusi-Rasi et al., 2003), e incluso el ejercicio de tipo impacto puede ser útil para mujeres de edad avanzada con baja DMO (Korpelainen, Keinänen-Kiukaanniemi, Keikkinen, Väänänen, & Korpelainen, 2006). Sin embargo, los programas de entrenamiento de resistencia muscular pueden ser más fáciles de aplicar teniendo en cuenta las reglas básicas de adaptación ósea y los efectos específicos que se dan en las zonas corporales que se movilizan de manera analítica durante el ejercicio. Estos tienen efectos más favorables para mantener o mejorar la masa ósea y la arquitectura, y son seguros y factibles para los AM (Kelley, Kelley, & Tran, 2001, Layne & Nelson, 1999; Wolff et al., 1999).

Un metaanálisis de ensayos controlados (Kelley et al., 2001) sugirió que el entrenamiento de resistencia puede tener mayores efectos sobre la DMO en huesos como el radio en comparación con otros huesos que soportan el peso corporal como el fémur y la columna vertebral en mujeres postmenopáusicas, debido en parte, a que diariamente sufren una carga menor. En una serie de ensayos, el entrenamiento de fuerza de alta intensidad y los programas de entrenamiento de resistencia progresivo también han mantenido o incluso mejorado la DMO en localizaciones clínicamente importantes de la columna lumbar y la cadera (Kerr, Morton, Dick, & Prince, 1996; Kerr, Ackland, Maslen, Morton, & Prince, 2001; Nelson et al., 1994; Vincent & Braith, 2002); otros dos estudios

no encontraron diferencias significativas entre los grupos en el cambio de DMO de área (Bemben, Feters, Bemben, Nabavi, & Koh, 2000; Pruitt, Taaffe, & Marcus, 1995). En un estudio de intervención de dos años en mujeres postmenopáusicas (Kerr et al., 2001), el entrenamiento de resistencia progresivo aumentó la DMO de área total de cadera e intertrocánter en un 1.6% durante el primer año, y lo mantuvo prácticamente sin cambios durante el resto del estudio. Al mismo tiempo, el grupo de acondicionamiento físico con ejercicios de baja resistencia y ciclismo y el grupo de control perdieron hueso, por lo que la diferencia neta en el cambio fue de 3.2% a los dos años. Un estudio previo sugiere además que en adultos mayores con sobrepeso y diabetes tipo 2, el entrenamiento de alta resistencia es efectivo para mantener la DMO y la masa corporal magra durante un programa de pérdida de peso (Daly et al., 2005).

El papel del entrenamiento de fuerza en el logro de la competencia mecánica de los huesos y la prevención de la osteoporosis se puede enfatizar aún más por las observaciones de que los efectos del ejercicio y la terapia de reemplazo hormonal en los huesos y los músculos son similares (Cheng, Sipilä, Taaffe, Puolakka, & Suominen, 2002; Sipilä et al., 2001), que los receptores de estrógenos están activos en ambos tejidos (Lanyon, Armstrong, Ong, Zaman, & Price, 2004; Lemoine et al., 2003), y que la masa muscular y la fuerza pueden mejorarse mediante regímenes de entrenamiento adecuados hasta la vejez (Fiatarone et al., 1994; Sipilä & Suominen, 1995; Sipilä, Multanen, Kallinen, Era, & Suominen, 1996). El entrenamiento combinado de resistencia, pesas y equilibrio se ha sugerido como un programa adecuado para las mujeres mayores que viven en la comunidad en general, y para la prevención de fracturas en particular (Englund, Littbrand, Sondell, Pettersson, & Bucht, 2005).

Por otro lado, el ejercicio realizado en el medio acuático favorece la mejora del metabolismo óseo en mujeres postmenopáusicas (Balsamo et al., 2013; Rotstein, Harush,

& Vaisman, 2008; Wochna et al., 2019). Un metanálisis centrado en la efectividad del ejercicio basado en agua sobre la salud ósea de adultos de mediana edad y mayores reveló diferencias significativas entre el grupo que entrenó en agua y el grupo de control sedentario a favor del primero en cuando a los cambios en la DMO localizados en la columna lumbar y el cuello femoral (Simas, Hing, Pope, & Climstein, 2017). A su vez, recientemente, un estudio mostró, pese a la falta de cambios en los niveles de índices somáticos y marcadores óseos, que un programa de entrenamiento de fitness acuático para mujeres postmenopáusicas puede conducir a un aumento en el índice de resistencia ósea (Wochna et al., 2019).

2.6.3. Prescripción física para la mejora del rendimiento motor

A nivel funcional, diversos efectos adversos del envejecimiento pueden ser tratados, controlados o incluso revertidos por medio de la aplicación de un entrenamiento físico adecuado.

2.6.3.1. Equilibrio

El equilibrio es la capacidad de permanecer en posición vertical y constante al estar inmóvil, al ponerse de pie o sentarse, o durante el movimiento (Mesquita et al., 2015). Con la edad, el ser humano va perdiendo su capacidad de mantener el equilibrio, lo que provoca que aumente el porcentaje de sufrir caídas accidentales, tenga más dependencia de los demás para afrontar su día a día, y aumente la posibilidad de contraer enfermedades o, incluso, de sufrir una muerte prematura (Thomas et al., 2019).

El desarrollo de programas que potencien el equilibrio de los AM se ha investigado con frecuencia. Si bien, mejorar el equilibrio propiamente dicho es una meta asequible, siempre que se ha investigado cara a las personas pertenecientes a la tercera edad, ha sido con la base de mejorar su funcionalidad y evitar el riesgo de accidentes como las caídas ya mencionadas. En este sentido, son muchos los estudios los que coinciden en que no

está claro cuáles son las cualidades fisiológicas clave que hay que potenciar (Cadore et al., 2013; Chodzko-Zajko et al., 2009; Sherrington et al., 2011; Thomas et al., 2019).

Desarrollar un equilibrio más sólido en ancianos, se puede abordar de distintas maneras. Actividades físicas como la marcha a pie, los ejercicios de equilibrio y coordinación y las tareas funcionales proporcionan mejoras significativas en el equilibrio de nuestros mayores (Thomas et al., 2019), pero no son las únicas.

Ejercicios de fortalecimiento y tonificación muscular en los que se podría incluir el desarrollo de la resistencia, y la fuerza y coordinación intramuscular, también han logrado mejorar el equilibrio de los ancianos una vez estos han concluido su entrenamiento (Cadore et al., 2013; Chodzko-Zajko et al., 2009; Sherrington et al., 2011; Thomas et al., 2019).

Actividades dirigidas las cuales se pueden realizar en grupo o individualmente pueden ser beneficiosas para mejorar el equilibrio. Una de las más referenciadas en estudios de investigación es el Tai Chi (Baena et al., 2007; Cadore et al., 2013; Chodzko-Zajko et al., 2009; Huang et al., 2017, Sherrington et al., 2011), sin embargo, también se han probado los efectos de otras actividades como el Qigong, las clases de baile o las sesiones de Yoga (Nick, Petramfar, Ghodsbin, Keshavarzi, & Jahanbin, 2016).

También, la práctica de algunas actividades o ejercicios como el caminar sobre terrenos difíciles (Chodzko-Zajko et al., 2009), andar con los talones, andar con los pies en tándem (uno frente al otro), mantenerse sobre una sola pierna y lanzar o recibir una pelota alterando las bases de sustentación (Cadore et al., 2013), se convierten en recursos efectivos para mejorar el equilibrio.

Las actividades aeróbicas generales tales como las caminatas o el ciclismo, también han sido utilizadas para potenciar el equilibrio de personas de más de 65 años. Sin

embargo, en este caso, no se obtuvieron evidencias para determinar la efectividad de estas actividades (Thomas et al., 2019). Varios investigadores, postulan que lo ideal es la combinación de todas las actividades anteriores para obtener los resultados más satisfactorios (Cadore et al., 2013; Chodzko-Zajko et al., 2009; Sherrington et al., 2011; Thomas et al., 2019).

También se han utilizado otros recursos como el realizar entrenamientos informatizados del equilibrio mediante feedback visual o la utilización de plataformas vibratorias utilizadas a modo de intervención (Lam, Lau, Chung, & Pang, 2012), sin embargo, pese a que existe alguna evidencia de un efecto general de la exposición a la vibración de todo el cuerpo en AM en parámetros como el equilibrio o la movilidad, su impacto sigue sin ser concluyente, y debido a la falta de resultados, se considera que se necesita más investigación para probar su efectividad (Orr, 2015).

Por otro lado, según Sherrington et al. (2011) los beneficios del ejercicio desaparecen rápidamente cuando el anciano deja de entrenar. Por lo tanto, el ejercicio en curso sería necesario para un efecto duradero.

2.6.3.2. Flexibilidad

De acuerdo con la *American College of Sports Medicine* (1998), la flexibilidad es un término que abarca la amplitud de movimientos de articulaciones simples o múltiples y la habilidad para desempeñar tareas específicas. Por otro lado, Dantas (1999), completó esta definición agregando que la flexibilidad es la cualidad física responsable de la ejecución voluntaria de un movimiento de amplitud angular máxima, por una articulación o un conjunto de articulaciones, dentro de los límites morfológicos, sin el riesgo de provocar lesión.

La flexibilidad va declinándose con el paso de los años. Según el estudio de Vaquero-Cristóbal, González-Moro, Ros, & Alacid (2012), parece que las personas suelen sufrir una pérdida de entre un 20 y un 30% de su flexibilidad entre los 30 y los 70 años. Algunas evidencias sugieren que ciertos cambios biológicos como el endurecimiento de los tendones, o las modificaciones en las cápsulas articulares y en los músculos, vienen afectadas por la reducción de la flexibilidad relacionada con la edad. Según pasan los años, el colágeno aumenta en solubilidad, con lo que se hace más espeso, sin que esto omita su aumento en contenido en el músculo, lo que desemboca en una disminución de la amplitud del movimiento (Vaquero-Cristóbal et al., 2012). Esta pérdida de la flexibilidad, provoca que las personas tengan más posibilidades de sufrir caídas accidentales, lesiones y problemas funcionales, sobre todo cuando se trata de personas sedentarias y ancianas (Raymond et al., 2013).

El ejercicio puede revertir los efectos negativos de la carencia de flexibilidad en el cuerpo por medio de la práctica de actividad física. Sin embargo, existe poco consenso sobre la frecuencia o la duración que ha de tener un programa orientado a mejorar la flexibilidad en adultos mayores, y cuáles son los ejercicios (ya sean estáticos o dinámicos) más seguros y eficaces para aumentar el rango de movimiento de los ancianos (Chodzko-Zajko et al., 2009).

Esto no quiere decir que no se haya investigado acerca de cómo se ha de aumentar la flexibilidad en las personas mayores. Según Vaquero-Cristóbal et al., (2012), existe una correlación significativa entre los parámetros de movilidad articular y elasticidad muscular y la edad de las personas. Partiendo de este principio, algunos estudios han planteado entrenamientos que se basan en ejercicios de estiramiento estático supervisado. Según Chodzko-Zajko et al. (2009), un entrenamiento de este tipo durante 10 semanas puede mejorar la flexibilidad del cuerpo, así como también las combinaciones de

estiramientos musculares y movimientos rítmicos, como por ejemplo las actividades tipo Yoga o Tai Chi.

Por otro lado, Raymond et al. (2013) postularon que la flexibilidad aumenta no sólo con estiramientos musculares o movimientos amplios, sino que la práctica de actividad física en general, es un condicionante para que esta cualidad física obtenga efectos positivos. Estudios previos han demostrado que con entrenamientos de fuerza máxima y fuerza resistencia, se aumenta la flexibilidad de los ancianos. Raymond et al. (2013) afirmaron además que la flexibilidad aumenta con un entrenamiento muscular de fuerza y resistencia a un nivel parecido en comparación al realizado mediante estiramientos musculares, y que este efecto se da de forma aún más efectiva cuando la intensidad de dicho entrenamiento es elevada o moderada por encima de un entrenamiento de intensidad baja.

Esta postura coincide con la publicada por Fatouros et al. (2006), quienes postularon que un entrenamiento de fuerza resistencia basado en ejercicios de pesas y en el cual no aparecen estiramientos musculares, puede aumentar significativamente la flexibilidad del adulto mayor. También coincide en que si el entrenamiento es de una intensidad elevada se obtienen mejores resultados, aunque eso no quite que la mejora obtenida con un entrenamiento de intensidad baja sea igualmente significativa. Por otro lado, destaca que una mayor eficacia se obtendría combinando el entrenamiento de fuerza resistencia con uno tradicional de flexibilidad basado en estiramientos musculares, y que la adición del entrenamiento con pesas aumenta, en los ejercicios de estiramiento, el rango pasivo de movimiento de las personas ancianas. Por último, Fatouros et al. (2006) sugieren que cuando se realizan a través de una gama completa de movimiento, los ejercicios de fuerza resistencia pueden mejorar la flexibilidad si trabajan tanto músculos agonistas como antagonistas en el mismo movimiento.

2.6.3.3. Resistencia

La resistencia es la cualidad física que posee la persona y que le permite soportar un esfuerzo durante un período prolongado de tiempo. La resistencia, al igual que el resto de cualidades físicas, a medida que las personas van alcanzando la vejez, experimenta una involución, y las cualidades que se asocian a esta se van limitando progresivamente. A través de la actividad física, se puede recuperar o incluso aumentar la resistencia cuando el adulto pertenece a la tercera edad (Romero-Arenas et al., 2013).

Existen (según diferentes autores) muchas formas de clasificar la resistencia. Para esta ocasión, y estando la línea de investigación del presente trabajo versada en la población de AM, se abordarán, según estudios previos, las cualidades físicas que potencien y beneficien la resistencia muscular. Tradicionalmente, estos estudios se centran, por un lado, en el entrenamiento de resistencia aeróbica, y por el otro en el de la fuerza muscular.

a) Resistencia aeróbica

El envejecimiento se asocia con una disminución en la capacidad cardiorrespiratoria la cual está relacionada sobre todo a un aumento de la frecuencia cardíaca. Un entrenamiento de resistencia aeróbica, induce adaptaciones centrales y periféricas del corazón que mejoran la absorción máxima de oxígeno y la capacidad del músculo esquelético para generar energía a través del metabolismo oxidativo (Cadore et al., 2013).

Las actividades que los AM pueden realizar para mejorar su resistencia aeróbica son muchos y variados. En su estudio, Cadore et al. (2013) declararon que el caminar distancias sin llegar a correr, y realizando cambios de ritmo y de dirección, es beneficioso para la resistencia de los ancianos. También el subir rampas a una intensidad moderada, el subir escaleras o el ir en bicicleta. A su vez, especifica que para los mayores que han

llevado una vida sedentaria, pueden comenzar su entrenamiento de resistencia con una duración de 5 a 10 minutos en las primeras semanas, e ir aumentando de 15 hasta 30 minutos en las semanas siguientes.

Por su parte, Chodzko-Zajko et al. (2009) considera que un entrenamiento de resistencia aeróbica, basado en ejercicios tales como la marcha, o el ciclismo a una intensidad suficiente realizado con frecuencia, puede aumentar significativamente el volumen de oxígeno máximo en adultos mayores. A su vez, provoca adaptaciones cardiovasculares positivas que son evidentes en reposo. También es efectiva para reducir la grasa corporal cuyos niveles cuando se encuentran a un nivel adecuado se asocian con una buena salud. Por otro lado, estos autores (Chodzko-Zajko et al., 2009) también destacan que un estudio con mujeres mayores postmenopáusicas, lograron con un entrenamiento de resistencia aeróbica el contrarrestar la disminución de la densidad mineral ósea propia de la edad. Además, según Ahlskog et al. (2011), y como ya se mencionó con anterioridad, este tipo de ejercicios, favorecen el prevenir la osteoporosis, el riesgo de fracturas, la sarcopenia, y permiten mejorar la cognición.

Por último, según Loew et al. (2014), lo recomendable para las personas mayores, es realizar actividad aeróbica (particularmente caminando) con una frecuencia mínima de 3 veces por semana a un ritmo moderado.

b) Resistencia muscular (fuerza resistencia)

Cuando se habla de la fuerza en sus diferentes manifestaciones, cabe destacar que es imprescindible a la hora de planificar un entrenamiento para personas ancianas, adaptarlo a su realidad fisiológica para evitar lesiones de algún tipo (Raymond, Bramley-Tzerefos, Jeffs, Winter, & Holland, 2013).

El ejercicio puede provocar una amplia variedad de cambios fisiológicos, no obstante, las adaptaciones son específicas según el tipo de ejercicios y la intensidad, así que varios regímenes aplicados, necesitan ser llevados a cabo simultáneamente (Romero-Arenas et al., 2013). Tanto los ejercicios de fuerza, como el entrenamiento de resistencia aeróbica, pueden mejorar simultáneamente el estado físico del adulto mayor, así como los factores relacionados con su salud (Cadore et al., 2012). Sin embargo, mientras el entrenamiento de resistencia aeróbica pretende ser más eficaz para la disminución de la masa grasa, dependiendo de la frecuencia cardíaca, y en general la mejora cardiopulmonar, incluida la tensión arterial, el entrenamiento de la fuerza ha demostrado ser más efectivo para aumentar el metabolismo basal, la densidad mineral ósea, la resistencia local del músculo y su fuerza máxima (Romero-Arenas et al., 2013), además de mejorar también la actividad y coordinación neuromuscular, la capacidad funcional (Cadore et al., 2013), y la absorción de la glucosa (Castaneda et al., 2002).

Para entrenar la fuerza se deben emplear cargas muy específicas movilizadas durante un número concreto de repeticiones, empleando habitualmente pesas, máquinas, etc. (Romero-Arenas et al., 2013). Las personas mayores muy desentrenadas o frágiles, tienen que iniciar su entrenamiento con intensidades bajas, entre un 40% y un 50% de su fuerza máxima a una repetición. Esto supone una carga ligera la cual se puede realizar a varias repeticiones, entre 15 y 20, y a partir de ahí, ir aumentando la carga y reduciendo el número de repeticiones (Garber et al., 2011).

Sin embargo, según Raymond et al. (2013), las personas ancianas experimentan cambios fisiológicos positivos cuando realizan entrenamientos de fuerza a una intensidad elevada en los miembros inferiores.

Cadore et al. (2013) mostraron que un entrenamiento de fuerza aplicado en 100 mujeres y hombres mayores en el que realizaron un entrenamiento en las piernas cuyos

ejercicios se repartían en 3 series a 8 repeticiones y una intensidad de un 80% de la fuerza máxima de una repetición, mejoraron posteriormente su rendimiento a la hora de caminar o hacer senderismo, además de la fuerza en las piernas y su nivel general de actividad física.

Por otro lado, Romero-Arenas et al. (2013), afirmaron que un entrenamiento en circuito con altas cargas y bajo tiempo de recuperación entre ejercicios puede ser tan eficaz como un entrenamiento de la fuerza tradicional para mejorar la musculatura, la fuerza y la densidad ósea del adulto mayor, pero que el entrenamiento intensivo en circuito era más eficaz estimulando adaptaciones cardiovasculares positivas y de la composición corporal.

2.6.3.4. Fuerza

La fuerza como cualidad física básica se define como la capacidad de generar tensión intramuscular frente a una resistencia, independientemente de que se genere o no movimiento (Romo-Perez & Barcala-Furelos, 2012). Teniendo en cuenta eso, la fuerza es una de las cualidades que tiene influencia en la calidad de vida cuando una persona alcanza la vejez (Chodzko-Zajko et al., 2009). La pérdida de músculo, masa y fuerza es común entre los adultos mayores, y el ver la función de sus piernas reducida, se asocia con una mayor dependencia hacia otras personas en las actividades del día a día (Raymond et al., 2013).

Cuando una persona se ve limitada físicamente por los efectos característicos de la vejez, entrenar y desarrollar la fuerza ha de ser un reto, pero siempre sostenible (Nisha, Dhanyamol, Shaji, & Seguin, 2019). Muchos efectos adversos del envejecimiento pueden tratarse, reducirse o incluso revertirse por medio de la aplicación de un entrenamiento de fuerza muscular adecuado.

Como ya se ha mencionado en apartados anterior, el entrenamiento de fuerza consiste en la utilización de la misma para lograr la contracción muscular, y así incrementar la resistencia anaeróbica, la fuerza muscular y el tamaño de los músculos (Padilla et al., 2014). Tanto la sarcopenia como la dinapenia anteriormente descritos, son fruto de múltiples mecanismos a parte de la vejez, esto incluye el haber tenido una mala nutrición, la ausencia de actividad física durante la mayor parte o la totalidad de la vida, la pérdida de las neuronas alfa, la alteración de las hormonas, o el aumento de la inflamación (Kamel, 2003; Karakelides & Nair, 2005; Velázquez et al., 2013). En la actualidad, el entrenamiento de fuerza está considerado uno de los métodos de mayor efectividad para tratar los efectos de ambos procesos degenerativos (mediante la estimulación de la hipertrofia), incrementar la masa muscular y la fuerza, y mejorar la adaptación neuromuscular (Padilla et al., 2014).

La conclusión a la que se llega en este segmento poblacional es que todo programa de ejercicios debería incluir el entrenamiento de la fuerza. Estos entrenamientos aplicados a personas mayores, aumentan más la fuerza que el volumen del músculo, y no hay que olvidar que incluso los pacientes que padecen múltiples comorbilidades, pueden entrenar la fuerza con cierta seguridad si el programa está adaptado y preferiblemente cuenta con supervisión. Cabe destacar que no son muchos los casos en los que se han visto efectos adversos en un entrenamiento de fuerza aplicado en ancianos, y que únicamente parece ser que habría que restringirlo en pacientes con insuficiencia cardíaca congestiva (Padilla et al., 2014).

Estudios realizados postulan que todos los adultos mayores, incluso los más ancianos, son capaces de aumentar su masa muscular, la potencia y la fuerza muscular por medio de la ejecución de un programa de fuerza adecuadamente estructurado a su realidad (Garber et al., 2011). Además, dicho entrenamiento también provoca en ellos la

mejora de parámetros objetivos del síndrome de fragilidad, como pueden ser su velocidad y resistencia a la hora de caminar, o el tiempo que requieren para poder levantarse de una silla (Chodzko-Zajko et al., 2009).

Los estudios de Liu & Latham (2009) han demostrado que, por medio de un entrenamiento de fuerza a una intensidad elevada, se puede mejorar la capacidad funcional física y la autonomía en las personas mayores, y retrasar de esta manera, la discapacidad.

Según Garber et al. (2011), el entrenamiento de fuerza disminuye en las personas mayores el riesgo de desarrollar enfermedades coronarias, accidentes cerebrovasculares, y diabetes tipo 2. A un nivel adecuado, puede reducir la presión arterial, mejorar el perfil de la lipoproteína, la proteína C reactiva y otros biomarcadores de la enfermedad coronaria. Además, entrenar la fuerza mejora la sensibilidad a la insulina y aunque en menor medida, puede jugar un papel en cuanto al peso corporal, disminuyendo la masa grasa y aumentando la masa magra (Chodzko-Zajko et al., 2009).

También mejora los niveles de hemoglobina glucosilada del plasma, y el uso del glucógeno muscular. Reduce la necesidad de medicamentos para la diabetes, y reduce la adiposidad abdominal (Castaneda et al., 2002).

Así pues, según Padilla et al. (2014), un entrenamiento de fuerza controlado y adaptado, provoca en las personas pertenecientes a la tercera edad, una hipertrofia de las fibras musculares, además de lograr mejoras en los factores neurales implicados en la producción de la fuerza. Con este aumento de la misma, lo que se consigue es un mayor rendimiento físico en general, lo que se traduce en una mayor solvencia para realizar acciones típicas del día a día, lo que también implica una menor dependencia de terceras

personas (Romo-Pérez & Barcala-Furelos, 2012) reforzando así su bienestar psicológico, y permitiendo tener una vida más activa.

Por otro lado, gracias a un entrenamiento de fuerza, es posible revertir en gran medida la involución que se sufre en la función muscular al llegar a la vejez. Conforme se avanza regularmente en un programa de fuerza, la fuerza muscular aumenta considerablemente (Bauman et al., 2016), y si bien, el volumen muscular no crece a la par que la fuerza, también experimenta mejoras. Además, este tipo de entrenamientos, aumenta la síntesis de proteínas, así como la fuerza de las fibras musculares específicas, preserva la densidad mineral ósea (Chodzko-Zajko et al., 2009), y reduce el número de caídas accidentales (Cadore et al., 2013; Garber et al., 2011), y como ya se ha mencionado, permite ciertos cambios en pruebas funcionales como pueden ser el caminar o la posibilidad de subir escaleras (Padilla et al., 2014).

Los beneficios que un entrenamiento intenso de fuerza puede aportarles a los ancianos, se reflejan también en otras cualidades físicas básicas, ya que entrenando de forma intensa la fuerza, los ancianos mejoran también el equilibrio (Thomas et al., 2019).

Cabe destacar la influencia de entrenar la fuerza a nivel cognitivo. Pues un entrenamiento de intensidad elevada ha demostrado tener un impacto positivo sobre la memoria auditiva, la discriminación perceptual, el tiempo de reacción (Tomporowski, 2003), y la depresión (Raymond et al., 2013), y en general en el deterioro cognitivo (Padilla et al., 2014).

Existen numerosos estudios que han empleado entrenamientos de fuerza en personas mayores para lograr diferentes efectos positivos. Además de aumentar la fuerza, un entrenamiento de este tipo previene la sarcopenia (García-Molina et al., 2010; Peterson et al., 2010; Solà et al., 2014), otorga beneficios sobre la mejora en la pérdida de la

densidad de la mineralización ósea, es un factor determinante en el mantenimiento de la independencia, y presenta correlaciones con el riesgo de sufrir caídas accidentales (Romo-Pérez & Barcala-Furelos, 2012).

A la hora de desarrollar la fuerza por medio de un entrenamiento, cabe destacar que Solá et al. (2014), destacan que existe una idea incorrecta de que los efectos positivos se producen simplemente por practicar actividad física sin concretar contenidos, volúmenes e intensidades en función de las necesidades del individuo. También, estos autores manifiestan que los beneficios sobre la salud obtenidos gracias a actividades físicas están directamente relacionados con la carga de actividad física y cada persona ha de realizar la máxima cantidad de actividad física que sus condiciones le permitan. Por otro lado, Jiménez et al. (2008) postulan que los programas de entrenamiento para deportistas de alto nivel tienen una especificidad muy elevada, pero por el contrario si hablamos de adultos mayores los programas son genéricos e indiferenciados. Teniendo en cuenta esto, existen varias maneras de desarrollar la fuerza de las personas ancianas.

Las formas de entrenar la fuerza son variadas. Los ejercicios con pesas libres, resultan muy efectivos para desarrollar la fuerza de los ancianos, siempre y cuando los ejercicios estén bien adaptados y supervisados (Romero-Arenas et al., 2013). También las cargas que ofrecen las máquinas de entrenamiento consiguen grandes resultados, con una velocidad y una duración adecuados (Raymond et al., 2013; Romero-Arenas et al., 2013). Partiendo de que, con adaptación, se puede realizar casi cualquier ejercicio, la clave estará pues en las intensidades, los volúmenes y la duración del entrenamiento.

Según Solà et al. (2014), los primeros entrenamientos que fueron diseñados en pos de revertir los efectos de la sarcopenia, utilizaron en sus ejercicios intensidades que llegaban hasta un 60% de la fuerza que los adultos mayores eran capaces de hacer en una única repetición. Realizando los ejercicios a una velocidad no muy rápida de entre 2 y 4

segundos en la acción concéntrica, y realizando entre 8 y 10 repeticiones. La frecuencia de este entrenamiento era de 2 o 3 veces por semana durante una fracción de tiempo que se encuentra entre 8 y 16 semanas.

Sin embargo, Solà et al. (2014) matizaron luego que, en la actualidad, algunos de los estudios que se han realizado con un entrenamiento de fuerza como base, valoran más la posibilidad de transferir los efectos del entrenamiento para mejorar la funcionalidad de los ancianos y no tanto el simple hecho de aumentar su fuerza de manera descontextualizada a sus necesidades. De esta manera, sugiere que el aumentar esta cualidad no va directamente relacionado con la mejora de la capacidad funcional. Pese a que parezca que es una contradicción, se puede explicar por la relación no lineal entre fuerza y función, explicada por Buchner et al. (1996). De esta forma, se pueden y deberían extraer protocolos nuevos de prescripción, los cuales se deberían centrar en una velocidad moderada-elevada de ejecución del trabajo de la fuerza a una intensidad de entre un 40 y un 50% de una repetición máxima, y realizando entre 15 y 20 repeticiones.

Un estudio de 2012 que habla sobre el entrenamiento de fuerza en personas mayores (Romero-Perez & Barcala-Furelos, 2012), concluye de una manera parecida diciendo que el entrenamiento debe realizarse al menos 2 o 3 días por semana y comenzando a una intensidad del 40%. En el caso de España, el Consejo Superior de Deportes (CSD), recomienda 3 sesiones semanales en días alternos, comenzando con una intensidad del 40% (Pont et al., 2011).

La velocidad de ejecución es un factor clave para la orientación de un programa de fuerza. En este sentido, se considera que una baja velocidad de ejecución permite al AM desarrollar la fuerza, mientras que una velocidad alta parece ser más efectiva para mejorar la potencia (Orssatto, de la Rocha Freitas, Shield, Silveira Pinto, & Trajano, 2019; Solà et al., 2014; Straight, Lindheimer, Brady, Dishman, & Evans, 2016). Sobre la

base de los hallazgos de que la potencia muscular y la fuerza explosiva están fuertemente asociadas con el rendimiento funcional en AM, se ha sugerido que el entrenamiento de resistencia de velocidad rápida puede generar mayores mejoras en la capacidad funcional en comparación con el entrenamiento de resistencia de velocidad moderada, sin embargo, la literatura no arroja resultados concluyentes que corroboren esta superioridad (Orssatto et al., 2019).

Otros estudios coinciden con estos resultados. Según Chodzko-Zajko et al. (2009), un entrenamiento de fuerza en adultos mayores incrementa la fuerza, y la potencia muscular, pero también produce cambios favorables en la composición corporal, incluyendo la masa grasa y la masa magra además de influir positivamente en la densidad mineral ósea.

Por último, cabe destacar que pese a la cantidad de estudios que van surgiendo en torno al desarrollo de la fuerza muscular, a la hora de transferir estos entrenamientos a una población adulta perteneciente a la tercera edad, debido a resultados distintos entre estudios, no existe en la actualidad un consenso en cuanto a la intensidad de entrenamiento más óptima para lograr mejoras en el estado funcional, el humor, y la calidad de vida de los ancianos, manteniendo al máximo su seguridad (Bauman et al., 2016).

2.6.4. Dispositivos de entrenamiento

El AM, busca mediante el ejercicio físico, y el desarrollo de la fuerza muscular, el combatir los efectos propios del envejecimiento. Este desarrollo se obtiene por medio de diferentes dispositivos o materiales que se pueden utilizar de forma específica para desarrollar la fuerza y la potencia muscular.

Así pues, podemos distinguir entre diferentes tipos de dispositivos, siendo los más habituales los pesos libres, las máquinas, y los que generan resistencia variable.

2.6.4.1. Pesos libres

La fuerza muscular es un componente crítico en la prescripción del ejercicio, particularmente en personas mayores. El entrenamiento con pesas es esencial porque la debilidad muscular puede limitar la capacidad funcional, lo cual podría afectar el bienestar y la capacidad del anciano y su calidad de vida, siendo esta circunstancia acentuada si se sufren patologías (Hernández-Elizondo, 2004; Lemmey, 2011; Lourenzi et al., 2017).

“Peso libre” es un término que hace referencia a una resistencia que es por un lado externa, y por el otro constante, y que, a su vez, no es ni guiada, ni tampoco limitada por otros factores (Chulvi-Medrano, 2011; Stone, Plisk, & Collins, 2002). Entrenar con pesos libres precisa de materiales tales como barras, discos, mancuernas, balones medicinales o cualquier tipo de resistencia de masa que no esté conectada a una máquina que provea una oposición constante. A diferencia otros dispositivos de entrenamiento, los pesos libres no tienen un movimiento dirigido, sino que para ejecutar un ejercicio es necesario previamente aprender la técnica del mismo (Brodt et al., 2013).

Teniendo en cuenta los estudios tanto de Jaimes et al. (2012), como de Schick et al. (2010), en los que comparan el ejercicio de press banca libre con el press banca en máquina, queda patente que a favor de los pesos libres se encuentra el hecho de que el recorrido de los ejercicios realizados con pesos libres, no es restringido lo que permite una ejecución más natural y funcional. A su vez, el hecho de que el peso libre obligue a mantener un equilibrio para ejecutar correctamente el ejercicio permite al cuerpo implicar más músculos en cada movimiento, como en el caso de los estudios mencionados (Jaimes et al., 2012; Schick et al., 2010), al entrenar con el press banca libre, la electromiografía

mostraba una activación significativamente mayor de los deltoides medial y anterior. Si bien matizan que esto ocurre a una intensidad moderada del 60% de una repetición máxima y no mayor.

Por otro lado, los pesos libres a diferencia de algunas máquinas no regulables (Mayorga & Merino, 2008), se pueden adaptar con mayor facilidad a la anatomía de cada persona sin importar altura o peso, además de resultar muy versátiles ya que a diferencia de las máquinas que tienen una única función, con los pesos libres se pueden realizar una mayor variedad de ejercicios.

La aplicación práctica del entrenamiento con pesos libres se evidencia al extrapolarse con mayor facilidad a otros deportes, debido al trabajo que tiene sobre los estabilizadores musculares y a que fortalecen el cuerpo como un conjunto. Sin embargo, son menos efectivos que las máquinas de entrenamiento o los materiales elásticos en lo que se refiere a rehabilitación (Sundstrup et al., 2012; Schick et al., 2010).

Según el estudio de Jaimes et al. (2012), resultaría más interesante utilizar pesos libres a la hora de entrenar debido al trabajo de estabilización de las articulaciones que estos requieren, mientras que a la hora de evaluar los resultados de un ejercicio muscular, resulta más conveniente utilizar máquinas de entrenamiento muscular debido a que la ejecución con dichas máquinas es más controlada, y así se eliminaría el ruido (alteraciones) de los datos, y por lo tanto, se obtendrían resultados más precisos de las manifestaciones de fuerza.

Los entrenamientos de fuerza por medio de pesos libres, también sirven de recursos para obtener efectos de otro tipo. Según Hernán & Ramírez-Vélez (2011), en el ámbito molecular, el entrenamiento con pesas induce señales de iniciación que conducen a la

translocación del GLUT-4 (un transportador de glucosa) mediante la fosforilación de la proteína cinasa activada por adenosín monofosfato.

En lo que se refiere a la salud metabólica, entrenar con pesas mejora la sensibilidad a la insulina, lo que contribuye de manera significativa en el metabolismo de los lípidos y en la mejoría de la captación de glucosa por parte de los tejidos (Hernán & Ramírez-Vélez, 2011). A su vez, el entrenamiento con pesas es ideal tanto para las personas diabéticas (ya que el gasto calórico, si está bien diseñado para esta población, no es alto) como para las personas que sufren hipertensión (Hernández-Elizondo, 2004).

Por otro lado, está comprobado que las personas pertenecientes a la tercera edad pueden realizar entrenamientos con pesos libres siempre y cuando estén adaptados y con supervisión. Estudios como el de Romero-Arenas et al. (2013), utilizaron entrenamientos tradicionales de fuerza utilizando pesas en personas mayores, aumentando significativamente tanto fuerza, potencia muscular, el volumen del músculo y la densidad mineral de los huesos.

También Cadore et al. (2013) mostró en su estudio, la efectividad de aplicar un entrenamiento utilizando pesos libres y máquinas para aumentar la fuerza en personas ancianas, en este caso, para prevenir el riesgo de sufrir caídas accidentales.

Incluso en lo que se refiere a la composición corporal, diferentes estudios obtuvieron mejoras en esta variable tras un entrenamiento de resistencia con pesas aplicado en personas mayores generando mejoras significativas reduciendo la masa grasa y aumentando la masa magra (Chen, Chung, Chen, Ho, & Wu, 2017; Martínez-Amat et al., 2018; Trouwborst et al., 2018).

2.6.4.2. Máquinas

Las máquinas son dispositivos que limitan el recorrido de pesos libres, y, además de los dispositivos isocinéticos ya mencionados en puntos anteriores, se pueden encontrar diferentes tipos: máquinas dependientes de la gravedad, máquinas equipadas con sistemas hidráulicos, y máquinas equipadas con sistemas neumáticos (Jaimes et al., 2012; Jee, 2015; Jewiss et al., 2017; Kim & Jee, 2018; Netzer et al., 2011).

Las máquinas dependientes de la gravedad utilizan pesos libres que normalmente tienen forma de placa y usualmente se encuentran apilados de manera vertical y sirviéndose de un eje central común por el cual se introduce una barra metálica agujereada permitiendo la selección del número de placas que se va a movilizar (Chulvi-Medrano, 2011). Al igual que ocurre con los pesos libres, la gravedad es la encargada de ejercer la resistencia, sin embargo, la diferencia clave reside en que, debido a la naturaleza de estos dispositivos, la dirección de tracción a la hora de realizar la contracción muscular no es necesariamente vertical, sino que se puede adaptar al tipo de ejercicio que se va a realizar, permitiendo, según el diseño, entrenar cualquier grupo muscular (Chulvi-Medrano, 2011).

Las máquinas equipadas con sistemas hidráulicos poseen diversas cámaras las cuales están llenas de líquido, siendo las sustancias más utilizadas el aceite o el agua. Estas cámaras se encuentran interconectadas entre sí por medio de orificios, los cuales sirven de canal para la transmisión del líquido entre ellas en el momento en que se ejerce la fuerza (Chulvi-Medrano, 2011). La resistencia final se define mediante la siguiente ecuación: " $F_r = k \cdot v$ ", siendo " F_r " la fuerza resistiva (N), " k " es una constante que reúne por un lado las características físicas de las cámaras y orificios, y por el otro la densidad y viscosidad del líquido (kg/s), y la " v " es la velocidad del pistón relativa al cilindro (m/s) (Chulvi-Medrano, 2011). El uso de máquinas hidráulicas está generalmente indicado para

personas sin experiencia en el entrenamiento de la fuerza, y para algunos tipos de patologías articulares como la artrosis o la artritis reumatoide y niveles de osteoporosis avanzados.

Las máquinas que ejercen resistencia por medio de sistemas neumáticos utilizan cámaras llenas de aire comprimido. Al generar la contracción muscular, un pistón empuja dicho aire lo que genera la resistencia. Usualmente estos dispositivos están equipados con un regulador que permite modificar la presión del aire, y de esta manera, controlar la resistencia que la máquina genera al ejercer la fuerza (Chulvi-Medrano, 2011).

Por otro lado, desde hace unos años, se está implementando un entrenamiento basado en máquinas que producen vibraciones sobre la fibra muscular y estas provocan contracciones en el sarcómero (Jee, 2015; Kim & Jee, 2018; Romo-Pérez & Barcala-Furelos, 2012). El ejercicio vibratorio permite entrenar el sistema neuromuscular, la tonicidad e incluso la densidad del hueso, sin embargo el uso de máquinas vibratorias requiere de más estudios para obtener resultados concluyentes sobre su efecto en determinadas variables funcionales (Orr, 2015).

Las máquinas de ejercicio de musculación son recomendadas por su practicidad. Si la postura y regulación es correcta, resultan muy seguras a la hora de entrenar, y su familiarización es más sencilla que por ejemplo el aprender la técnica de ciertos ejercicios con pesos libres (Brodt et al., 2013; Haff, 2000). Pese a que pueden tener problemas puntuales, las máquinas de ejercicio de musculación poseen ciertas ventajas con respecto a otros dispositivos de entrenamiento. Para empezar, permiten cambiar la carga de manera rápida, segura y fácil. Son dispositivos que presentan generalmente un riesgo muy reducido de sufrir lesiones, siempre y cuando exista una ergonomía correcta a la hora de realizar la ejecución técnica. Debido a su sencillez y facilidad de regulación, no se suele requerir con su uso de ayuda externa. Generalmente, no requieren de mucho conocimiento

de la técnica de ejecución, además de favorecer determinados tipos de trabajos, como los cambios de estación durante los circuitos. El uso de estos dispositivos no exige poseer un nivel elevado de equilibrio, coordinación o habilidad, además de permitir un trabajo más analítico, lo cual resulta de mucha utilidad en las fases iniciales de una rehabilitación, o para compensar una carencia muscular específica. Esto es especialmente práctico en personas adultas mayores que padecen artrosis o cualquier enfermedad de los huesos. Además, las máquinas ayudan a repartir el peso del cuerpo, a través de las zonas de contacto que se emplean para realizar el ejercicio, evitando así sobrecargas (Kim & Jee, 2018; Sanz, 2013).

No obstante, también se debe tener en cuenta que las máquinas de entrenamiento, no suelen generar movimientos semejantes a los que se dan durante las actividades cotidianas o laborales, lo que reduce en parte la transferencia del entrenamiento a las exigencias del día a día. Son, además, dispositivos que, por norma general, sólo permiten realizar un movimiento, y están diseñados para personas que tienen un volumen corporal mediano, por lo que las personas que (ya sea por exceso o por defecto) se alejen de esta medida, sufrirán dificultades para ejecutar correctamente los ejercicios (Brodt et al., 2013; Chulvi-Medrano, 2011). Es por esto que antes de realizar ejercicio en una máquina de entrenamiento sea del tipo que sea, es imprescindible una previa familiarización y adaptación de altura (si es regulable) postura corporal etc., ya que según Mayorga & Merino (2008), que hicieron un estudio acerca de la higiene postural en el ejercicio del remo en máquina (al aire libre), el 90% de una muestra de 88 personas, realizaban por lo menos un error en cuanto a la postura correcta del ejercicio, con lo que en lugar de tonificar los músculos, la ejecución puede resultar peligrosa creando un perjuicio orgánico a medio o largo plazo.

Diversos estudios han realizado sus tratamientos ya sean de fuerza, de resistencia o de rehabilitación utilizando máquinas de entrenamiento. El dispositivo de extensión de rodilla, resulta especialmente útil de cara a rehabilitar una posible lesión de la misma (Brodt et al., 2013; Kim & Jee, 2018; Sanz, 2013), incluso tratándose de lesiones como la rotura de ligamento cruzado, en la cual sería útil la utilización de una máquina de cadena cinética cerrada, ya que tiene menos rango de movimiento (Morales & Giraldo, 2006).

Sepúlveda (2013), realizó un estudio por el cual demostró que un entrenamiento con saltos y máquinas isocinéticas, favorece la captación y tolerancia a la glucosa, realizando dicho entrenamiento a adultos deportistas aficionados de 55 a 65 años de edad.

En otros estudios (Peterson et al., 2010; Beneka, 2005) se muestra como un entrenamiento de fuerza utilizando máquinas, consiguen en adultos mayores, mejorar fuerza muscular, su potencia, el desarrollo de la masa muscular y la prevención de la densidad de la mineralización ósea.

Por otro lado, otro tipo de estudios comparan los efectos de trabajar determinados músculos utilizando máquinas y otros dispositivos. Por ejemplo, Jaimes et al. (2012), Saeterbakken, van den Tillaar, & Fimland (2011) y Schick et al. (2010) realizaron estudios en los que comparaban los efectos de entrenar los músculos pectorales utilizando el clásico press banca libre, y el press banca máquina Smith. Estos estudios coincidieron en que, pese a que el press banca libre proporcionaba el recurso de la inestabilidad, y, por ende, un mayor desarrollo de músculos estabilizadores y una mayor activación de los deltoides medial y anterior, la ejecución del mismo ejercicio en máquina Smith, resulta más segura y fiable, requiere de un aprendizaje mucho menor, y al no tener que mantener el equilibrio, la persona que realiza el ejercicio se puede centrar más en ejercer fuerza.

A su vez, cabe destacar que también se han hecho comparaciones entre ejercicios en máquina y ejercicios realizados con materiales elásticos como los estudios realizados por Melchiorri & Rainoldi (2011) en el cual se compara la fatiga muscular resultado del ejercicio mediante el uso de tubos elásticos versus máquina de musculación y el de Sundstrup et al. (2012) en cual se compara los resultados de un ejercicio abdominal ejecutado en máquina y otro realizado con una bola Suiza y bandas elásticas. En ambos estudios, se destaca las ventajas de los materiales elásticos por ser menos lesivos ante personas con lumbalgia.

Por su parte, Jakobsen et al. (2014) realizaron un estudio en el cual compararon la efectividad del ejercicio de rehabilitación de la rodilla realizando el entrenamiento con máquinas versus resistencia elástica, concluyendo que se pueden obtener resultados similares con el uso de estos dos dispositivos.

2.6.4.3. Resistencia variable

Para mejorar la fuerza de las personas, en la actualidad existen diferentes métodos de entrenamiento, los cuales en parte vienen determinados por los dispositivos o materiales que se utilicen. De esta forma, dentro de dichos entrenamientos se encuentra la pliometría (Ramirez-Campillo et al., 2018), los entrenamientos de contraste (Talpey, Young, & Saunders, 2014), la carga dinámica excéntrica (Carvalho et al., 2015), los protocolos basados en cargas isométricas (Oliveira, Oliveira, Rizzato, & Denadai, 2013), la electroestimulación (Ogaya, Takahashi, Shioiri, Saito, & Okajima, 2012), o el entrenamiento mediante el uso de la resistencia variable (Aboodarda et al., 2011; Joy et al., 2016; Kompf & Arandjelović, 2016; Soria-Gila, Chiroso, Bautista, Baena, & Chiroso, 2015), entre otros.

La resistencia variable consiste en el uso de todo aquel material que no ofrece siempre la misma resistencia durante la ejecución de los ejercicios de entrenamiento, sino que modifica la carga efectiva experimentada durante la ejecución de una repetición, pudiendo englobarse dentro de este campo a los dispositivos de material elástico o al entrenamiento en el medio acuático (Colado et al., 2013; Colado & Triplett, 2008; Colado et al., 2012; Colado, Tella, & Triplett, 2008; Kompf & Arandjelović, 2016). Los métodos de entrenamiento que utilizan resistencia variable permiten mejorar la tasa de desarrollo de la fuerza, la coordinación entre los músculos antagonistas y sinérgicos, el reclutamiento de unidades motoras y la reducción de la caída de la fuerza producida por la región de adherencia (Soria-Gila et al., 2015). Este método ha sido utilizado durante más de diez años en el deporte de competición del levantamiento de pesas (Simmons, 1999), y de manera más reciente, se ha recurrido a él con frecuencia en programas de fuerza y acondicionamiento (Anderson et al., 2008; Bellar et al., 2011; Colado et al., 2010; Ghigiarelli et al., 2009; Israel et al., 2010; Rhea et al., 2009). Según un

metaanálisis realizado por Soria-Gila et al. (2015), la inestabilidad generada a través de resistencia variable, como material elástico, puede inducir un estímulo óptimo para las ganancias de fuerza y aumentar la demanda neuromuscular y el reclutamiento de unidades motoras más allá que la generada con pesas tradicionales. Cabe destacar que pese a que diferentes estudios han provado la eficacia al aumentar la fuerza y la potencia por medio de este método (Anderson et al., 2008; Rhea et al., 2009), no se han definido todavía que protocolos son los más eficaces mediante el uso de resistencia variable. No obstante, debido a las exigencias tanto físicas, como económicas o incluso de logística, el entrenamiento mediante el uso de resistencia variable resulta una alternativa útil y efectiva para el desarrollo de la fuerza en personas mayores (Colado & Triplett, 2008; Martins et al., 2013).

Uno de los factores más relevantes para procurar una adecuada activación muscular de manera eficaz y segura durante el ejercicio físico en cualquier contexto de su aplicación es el control de la intensidad, tanto para el rendimiento deportivo como para los entornos recreativos o terapéuticos (Colado et al., 2018). Eso implica que para prescribir ejercicio físico, ajustar la intensidad del mismo a un nivel óptimo y adecuado es imprescindible para favorecer la salud y la calidad de vida, así como para reducir la morbilidad y la mortalidad (Pedersen & Saltin, 2015).

Controlar la intensidad mientras se realiza ejercicio con pesos libres o máquinas puede lograrse mediante la regulación de la cantidad de peso que se va a movilizar, sin embargo, cuando se trata de resistencia variable es necesario recurrir a otros métodos. Una de las estrategias más sencillas y recurrentes de controlar globalmente la intensidad del ejercicio con personas de edad avanzada, es utilizar escalas de percepción de la fatiga o esfuerzo desarrollado (Day, McGuigan, Brice, & Foster, 2004; Soriano-Maldonado et al., 2014). El concepto de la percepción del esfuerzo fue popularizado por Borg entorno

a los años 60 del siglo XX (Borg & Dahlström, 1960; Borg, 1961; Borg, 1970). A raíz de esto, se han desarrollado diferentes escalas las cuales han resultado eficaces para regular y controlar la intensidad del esfuerzo en diferentes tipos de ejercicios (Colado et al., 2012; Colado et al., 2018). La percepción del esfuerzo hace referencia a la intensidad, con carácter subjetivo, del esfuerzo, la tensión, el malestar o la fatiga que las personas perciben mientras realizan actividad física (Robertson et al., 2003). La conciencia cognitiva de esta percepción es considerada como una forma de retroalimentación en la cual, los cambios centrales, periféricos y metabólicos que se dan mientras se practica ejercicio, están integrados (Pfeiffer, Pivarnik, Womack, Reeves, & Malina, 2002).

El desarrollo y la evolución de estos métodos para determinar la sensación de fatiga durante el ejercicio, trajo consigo las escalas OMNI de percepción del esfuerzo, las cuales pueden ser aplicables para distintas poblaciones y tipos de actividad física (Colado et al., 2018). Se caracterizan por incluir una imagen al protocolo consistente en un sujeto realizando actividad física a diferentes intensidades de trabajo (con una escala que usualmente es del 1 al 10), y que combina tanto descriptores visuales específicos como verbales, los cuales se adaptan a la intensidad de la actividad (Robertson, 2004).

Determinar un número específico de repeticiones unido al control de la percepción del esfuerzo parece ser una estrategia efectiva para controlar la intensidad del entrenamiento en ensayos clínicos mediante el uso de material elástico (Colado et al., 2018). Estudios previos reflejaron mejoras en la capacidad funcional, la fuerza máxima y la composición corporal tras realizar entrenamientos de resistencia a corto plazo utilizando este método para controlar la intensidad (Colado & Triplett, 2008; Colado et al., 2009; Colado et al., 2012; Thiebaud et al., 2013).

Particularmente para AM, Colado et al. (2018) desarrollaron una escala OMNI-RES con bandas elásticas adecuada para controlar la intensidad del entrenamiento de

resistencia en personas de edad avanzada. Esta escala es una herramienta validada para utilizarse durante el entrenamiento siendo aplicable a diferentes ejercicios de resistencia, lo que permite que el régimen de estímulo se pueda aplicar de manera más efectiva tras un entrenamiento de fuerza.

2.6.4.3.1. Material elástico

Comenzar un entrenamiento de fuerza o resistencia utilizando máquinas y pesos libres resultaría una buena estrategia para lograr resultados significativos y poder ejecutar dicho entrenamiento de forma segura incluso en personas mayores. Sin embargo, el poder acceder a instalaciones que dispongan de estos dispositivos, requiere de recursos económicos o incluso de desplazamientos largos. No todas las personas y más dentro de la población de la tercera edad disponen de estos recursos para acceder a estos materiales. Por otro lado, incluso pudiendo acceder a ellos, está probado que, durante el primer año de entrenamiento con máquinas y pesos libres, el porcentaje de abandono de dichos entrenamientos es de un 50% (Colado & Triplett, 2008; Martins et al., 2013).

Debido a esto, otros estudios han optado por la utilización de otros dispositivos más económicos como los materiales elásticos (Colado & Triplett, 2008; Colado et al., 2010; Flández, 2014; Martins et al., 2013), en forma de banda o tubo. Estos materiales, con respecto a las máquinas o los pesos libres, son más accesibles pudiendo entrenar con ellos en cualquier lugar. Son más fáciles de transportar y de manipular, reduciendo el riesgo de lesiones, y son más fáciles de mantener. Además, permiten un mayor rango de movimientos a la hora de realizar contracciones musculares, tanto concéntricas como excéntricas (Colado & Triplett, 2008; Martins et al., 2013). Por otro lado, la intensidad de un entrenamiento utilizando materiales elásticos tiene un método sencillo y seguro de regular su intensidad utilizando agarres más estrechos u holgados, o utilizando materiales

más rígidos o más flexibles según las necesidades (Colado & Triplett, 2008; Flández, 2014).

a) Bandas elásticas

Las bandas elásticas representan el dispositivo más tradicional y conocido dentro de los materiales elásticos. Están elaboradas con látex, un material que posee una destacada elasticidad y resistencia. La longitud ideal de las bandas para un entrenamiento de tonificación muscular es de 1,40 a 1,60-1,70 metros, mientras que la anchura puede variar entre 10 y 15 centímetros. La rigidez de las bandas y la resistencia que ofrecen, vienen diferenciadas por los distintos colores que estas poseen (Gargallo et al., 2018; Jakobsen et al., 2013; Oesen et al., 2015; Page & Ellenbecker, 2005).

En el entrenamiento de fuerza con bandas elásticas se aplica la ley de Hooke, la cual postula que la resistencia o la carga se van incrementando en proporción a la elongación. De esta manera, cuanto más se estire una banda elástica, más resistencia ofrecerá. La ley de Hooke sólo es aplicable en materiales elásticos, lo que implica que la banda volverá a la normalidad cuando se deje de estirar. Estas bandas elásticas son un dispositivo muy recomendable de cara a entrenar la fuerza, la resistencia y el trabajo muscular isométrico (Colado & Triplett, 2008; Martins et al., 2013; Pérez & Minayo, 2013; Sundstrup et al., 2012), además de resultar muy efectivo en labores de rehabilitación (Andersen et al., 2010; Morales & Giraldo, 2006).

Las bandas elásticas suponen una herramienta complementaria, práctica, segura y efectiva para el entrenamiento de persona mayores, ya que permiten reducir el dolor de las articulaciones, mejorar la fuerza y resistencia muscular sin la agresividad de otros dispositivos, de manera sencilla, siendo fáciles de manejar, de bajo costo tanto de adquisición como de mantenimiento, y las cuales están dispuestas en varios colores,

tamaños, longitudes y resistencias (Pérez & Minayo, 2013; Colado & Triplett, 2008; Martins et al., 2013; Sundstrup et al., 2012).

Entre otros beneficios de entrenar con bandas se encuentra que, con una o dos bandas elásticas, se pueden realizar casi todos los ejercicios que se pretende aplicar. Es importante a la hora de utilizarlas, y más tratándose de personas ancianas, aumentar la tensión muscular al final de la extensión de la banda elástica, ya que se desarrolla más la musculatura fijadora de la articulación. También, presentan un bajo riesgo de sufrir lesiones, además de desarrollar mejoras en el sistema del músculo tendinoso con seguridad. Gracias al fortalecimiento del músculo se mejora la salud, por medio del aumento de oxígeno que llega al músculo, del fortalecimiento de las membranas, la mejora de la irrigación sanguínea en todo el organismo y la flexibilidad en general que se obtiene (Pérez & Minayo, 2013).

Por otro lado, los resultados que obtenemos al entrenar con bandas elásticas son similares a los que se obtienen utilizando máquinas o pesos libres (Colado & Triplett, 2008; Martins et al., 2013; Sundstrup et al., 2012). Esto ha sido comprobado en diversos estudios, como por ejemplo el de Colado & Triplett (2008), el cual desarrolló la resistencia muscular en mujeres de mediana edad sedentarias utilizando dispositivos tradicionales (máquinas y pesos libres) y bandas elásticas, demostrando que producían adaptaciones similares en cuanto a la composición corporal y la capacidad funcional.

Por su parte, Sundstrup et al. (2012) realizaron un estudio en el que comparaba la respuesta de la activación muscular en el abdomen si se ejercitaba por un lado en una máquina de entrenamiento y por otro lado utilizando bandas elásticas y una pelota suiza. En este estudio demostró que, con materiales de más bajo costo, se obtenían la misma respuesta muscular, e, incluso, de una manera menos agresiva que utilizando la máquina de entrenamiento, siendo un punto interesante para personas con dolor lumbar.

A su vez, Brandt et al. (2013) concluyeron en su investigación que la utilización de bandas elásticas en ejercicios de adducción de caderas permite obtener una activación muscular igual de eficaz a la obtenida con máquinas de entrenamiento isocinético, siendo los materiales de resistencia elástica capaces de demostrar aún mayor reclutamiento muscular durante la ejecución de dichos ejercicios.

Se puede observar, además, que Jakobsen et al. (2013) demostraron que un entrenamiento de fuerza utilizando bandas elásticas, puede inducir a niveles de activación muscular comparables a los obtenidos con pesos libres en los músculos de las extremidades inferiores realizando ejercicios de sentadilla en tijera. A su vez, considera que realizar ejercicios de este tipo con la ayuda de materiales de resistencia elástica, puede resultar un método simple y factible para evocar altos niveles de actividad neuromuscular de los músculos principales de la cadera, rodilla y espalda, además de ser viables para la prevención y rehabilitación de trastornos musculo-esqueléticos en lugares de trabajo o entornos con recursos limitados.

Destacables son también los resultados que obtuvieron Calatayud et al. (2014) en su estudio demostrando que la realización de flexiones aumentando la resistencia con la ayuda de bandas elásticas, puede inducir ganancias en la fuerza y a la activación muscular semejantes a los que se obtienen realizando el ejercicios de press de banca en una máquina Smith tradicional, siempre que estos ejercicios se realicen en las mismas condiciones en cuanto a intensidad, volumen, tiempo de descanso, técnica y velocidad de movimiento. Siguiendo esta línea, Calatayud et al. (2014) destacaron también, que un entrenamiento con bandas elásticas, permite obtener niveles de activación muscular en el cuello, los hombros, los antebrazos, los bíceps y los cuádriceps, similares a los que se pueden obtener utilizando materiales tradicionales de pesos libres.

b) Tubos elásticos

Otro de los materiales elásticos que se pueden utilizar como alternativa a los dispositivos tradicionales (máquinas o pesos libres), son los tubos elásticos (Colado et al., 2010; Flández, 2014). Los tubos elásticos pueden estar hechos con distintos materiales como goma de látex, caucho, silicona, u otros polímeros elásticos.

Al igual que con las bandas, diversas empresas han creado tubos elásticos utilizando un código de colores, de manera que la rigidez de los tubos viene establecida por determinados colores estableciéndose así un orden de intensidad en base a la resistencia y a la elongación, intentando así aportar recursos metodológicos para regular la intensidad de los ejercicios. Son dispositivos muy eficaces de cara a un entrenamiento de fuerza para personas mayores. Tienen un precio económico en comparación con las máquinas o las pesas. Son fáciles de transportar, de guardar y de mantener, permiten tonificar los diferentes grupos musculares con menor riesgo de lesión debido a la poca agresividad que tiene a diferencia de otros dispositivos. Son versátiles cara a ejecutar distintos ejercicios, y muy adecuados para fines de rehabilitación (Colado et al., 2010; Flández, 2014; Sundstrup et al., 2012).

En diversos estudios, y como también pasa con las bandas elásticas, se ha comprobado la eficacia en términos de activación muscular aguda a la hora de emplear dispositivos tradicionales, con otros materiales alternativos de bajo coste y fácil manejo como son los tubos elásticos, ya que supuestamente si esta actividad muscular aguda es por lo menos similar entre ambos dispositivos, daría pie a hipotetizar que las adaptaciones crónicas tras su empleo sistemático también deberían ser las mismas, como así ha sido medido durante numerosos años en estudios de intervención que han empleado este tipo de materiales elásticos (Flández, 2014).

En este sentido, estudios realizados de forma previa, demuestran que un entrenamiento de fuerza utilizando tubos elásticos, puede generar las mismas adaptaciones musculares que el mismo entrenamiento realizado con máquinas o pesos libres tanto en el tronco, como en las piernas y los brazos (Aboodarda et al., 2013; Aboodarda et al., 2016; Melchiorri & Rainoldi, 2011; Jakobsen et al., 2012; Jakobsen et al., 2013).

También queda demostrado que, utilizando tubos elásticos, se puede aumentar la fuerza y la potencia muscular, además de obtener efectos positivos a nivel cardiovascular (Colado et al., 2010; Martins et al., 2013). Por su parte, algunos trabajos citados en Flández (2014), destacan la eficacia de los tubos elásticos aplicados con fines terapéuticos, por ejemplo, en el tratamiento del manguito rotador, mostrando un aumento en la activación de todos los músculos complementarios.

Otros estudios como el de Aboodarda et al. (2012) reflejan que la utilización de tubos elásticos no solo resulta una opción aceptable para programas de rehabilitación y a entrenamientos de fuerza resistencia, sino que además, permiten en este sentido, obtener resultados similares a los obtenidos con máquina de entrenamiento tradicionales; además de evocar respuestas agudas parecidas en las señales de electromiografía y la concentración sérica de hormona de crecimiento, testosterona y lactato. Cabe destacar que en el estudio realizado por Aboodarda et al. (2011) se concluye afirmando que la combinación de dispositivos tradicionales con tubos elásticos, podría resultar una opción ideal para los programas de acondicionamiento en atletas.

Si se tiene en cuenta finalmente, que un estudio piloto demostró que los resultados generados tras un entrenamiento de fuerza utilizando bandas elásticas versus tubos elásticos en el rendimiento motor son similares en personas mayores (Juesas, 2014), se podría teorizar que el uso de tubos elásticos se presenta como una alternativa eficaz, más

si se emplea junto a otros dispositivos como plataformas multi estación, y agarraderas, lo que permite (debido al agarre) que los ejercicios sean más cómodos, a la hora de desarrollar la fuerza en personas mayores (Flández, 2014; Juegas, 2014).

2.6.4.3.2. Medio acuático

De cara a establecer un protocolo de entrenamiento físico en personas mayores, es preciso tener en cuenta, por un lado, el ya mencionado y a su vez elevado porcentaje de abandonos que se dan en el primer año de entrenamiento con máquinas y pesos libres (Colado & Triplett, 2008; Martins et al., 2013), y por otro, que el entrenamiento de fuerza muscular puede ocasionar excesivo estrés sobre las articulaciones en personas mayores (Lorenzo et al., 2018), mientras que si se realiza en el agua se reduce la carga debido a la flotabilidad (Simmons & Hansen, 1996). Debido a esto, el entrenamiento en el medio acuático se presenta como una alternativa al medio terrestre dados los beneficios que ofrece.

Dada su naturaleza, el agua es un fluido que posee más densidad que el aire, debido a lo cual se reduce notablemente el impacto sobre las articulaciones al realizar ejercicio físico (Chu & Rhodes, 2001, Katsura et al., 2010; Pendergast & Lundgren, 2009) lo que permite no solo realizar ejercicios de entrenamiento con menor riesgo de lesión, sino que también resulta una alternativa efectiva a la rehabilitación (Borreani et al., 2014).

El agua posee una densidad media de 20°C y la atmosfera es de $998.2067 \text{ kg}\cdot\text{m}^3$. Teniendo en cuenta que el aire posee una densidad de $1.2 \text{ kg}\cdot\text{m}^3$ en las mismas condiciones, se puede concluir que el agua posee una densidad 830 veces superior al aire. Si a esta circunstancia se le suma el principio de Arquímedes que explica la fuerza de flotación, se encuentra pues, una aclaración del porqué de la ingravidez provocada por el medio acuático, y con ello la justificación de que la fuerza de compresión que se da en las articulaciones durante los impactos, se ve minimizada, por lo que sufrir lesiones o

caídas es un riesgo reducido durante el ejercicio en el medio acuático (Chu & Rhodes, 2001).

Cabe destacar que no todas las actividades que usualmente se realizan en el medio terrestre soportando el propio peso, son apropiadas o recomendables para todas las personas, y es que, según el grupo poblacional, es posible que requieran de adaptaciones o limitaciones para evitar que sean contraproducentes (Meredith-Jones, Waters, Legge, & Jones, 2011). El ejercicio en el medio acuático, según el grado de inmersión, supone experimentar, entre otras cosas, una reducción del peso corporal, por lo cual supone una alternativa efectiva y segura para desarrollar la fuerza muscular (Takeshima et al., 2002; Campbell, D'Acquisto, D'Acquisto, & Cline, 2003).

Un término clave al tratar las propiedades del agua, es la viscosidad, la cual se entiende como la magnitud de la fricción específica interna al flujo cuando se produce un movimiento (Becker, 2009). Debido a esto, entrenar inmerso en el agua supone recibir el efecto de resistencia del fluido, el cual se conoce como fuerza de arrastre, a la par que a la turbulencia en caso de que esta se encuentre presente. El efecto de resistencia crece de manera logarítmica de la velocidad ante un flujo turbulento (Becker, 2009).

Otro término clave dentro del medio acuático es la presión hidrostática, la cual se entiende como la fuerza que ejerce el agua sobre cualquier cuerpo que se encuentre inmerso en él o sobre las paredes del recipiente que lo contiene. El nivel de presión dependerá directamente de la densidad del fluido y de la profundidad de inmersión (Becker, 2009). El agua ejerce una presión de 6.81 mm Hg/m de inmersión (Becker, 2009).

Esta presión hidrostática, junto con la temperatura del agua mejoran el flujo sanguíneo y alteran favorablemente las respuestas hemodinámicas en reposo y durante el

ejercicio (Raffaelli et al., 2016). A esto hay que sumarle que la ingravidez que proporciona el agua puede aumentar la comodidad durante el ejercicio lo que permite disfrutar más de la experiencia y promover así su participación, lo cual a su vez puede llevar a una mayor longevidad (Sherlock et al., 2013). Teniendo en cuenta esto, realizar un entrenamiento en el medio acuático podría ser una alternativa válida, ya que reducir el estrés articular disminuye el dolor minimizando a su vez el riesgo de caídas inherente al entrenamiento en el medio terrestre (Colado et al., 2013; Martínez-Carbonell et al., 2019; Sanders et al., 2013).

Uno factor muy relevante para realizar ejercicio en el medio acuático, es el grado de inmersión que se realice en el agua, y es que a mayor inmersión mayor reducción del peso corporal. Masumoto & Mercer (2008) indican que el peso corporal se modifica según la inmersión de la manera siguiente:

- Reducción del 15% a una inmersión hasta la espina iliaca anterior-superior.
- Reducción del 29% a una inmersión hasta la apófisis xifoides.
- Reducción del 43% a una inmersión hasta la séptima vértebra cervical.

Para delimitar la intensidad que debe tener el ejercicio al realizarlo en el medio acuático es importante tener en cuenta que una de las variables más influyentes en la fuerza de arrastre parece ser la velocidad del movimiento, teniendo, además, un componente exponencial, ya que cuando la velocidad se duplica, la fuerza se cuadruplica (Borreani et al., 2014). Según Pöyhönen et al. (2001), para conocer la fuerza de arrastre necesaria para generar un movimiento en el agua, y delimitar así la intensidad del ejercicio, puede emplearse la ecuación general de fluidos (Alexander, 1977) mostrada a continuación:

$$F_{\text{arrastre}} = 0.5 \cdot C_d \cdot A \cdot \rho \cdot v^2$$

Para entender esta ecuación es preciso aclarar que “ C_d ” hace referencia al coeficiente de arrastre que depende de la forma y textura del cuerpo. “ A ” hace referencia a la superficie frontal de área del cuerpo. “ ρ ” hace referencia a la densidad del flujo. Y “ v ” es la velocidad del cuerpo que se encuentra en movimiento en el agua.

La literatura científica postula que el entrenamiento en el medio acuático, debido a sus propiedades específicas, puede alterar las respuestas fisiológicas que se producen durante el ejercicio, siendo el daño muscular post entrenamiento menor en comparación al generado tras un entrenamiento en el medio terrestre, seguramente debido a la escasez de contracciones excéntricas en el agua, lo que permite entrenar con más frecuencia en el medio acuático ya que la recuperación es más rápida (Pantoja, Alberton, Pilla, Vendrusculo, & Kruehl, 2009).

A su vez, el entrenamiento físico, siendo el objetivo del mismo, el desarrollo de la fuerza en el medio acuático, estimula la respuesta aguda de la secreción de la hormona testosterona de manera más favorable en comparación a un entrenamiento que tenga un perfil más aeróbico, debido probablemente a una mayor intensidad (Cadore et al., 2009). Debido a esto, sería conveniente que el entrenamiento neuromuscular realizado en el medio acuático se prescriba con una intensidad suficientemente elevada para optimizar la estimulación de las hormonas anabólicas, en especial para favorecer el desarrollo de la fuerza y de la masa muscular en AM.

Por otro lado, la efectividad del medio acuático para mejorar la fuerza tras entrenamiento físico, ha sido ampliamente contrastada en la literatura tanto en hombres como en mujeres mayores (Bento et al., 2015; Bento et al., 2012; Bravo et al., 1997; Colado & Triplett, 2009; Colado et al., 2012; Costa et al., 2018; Graef et al., 2010; Kanitz, et al., 2015; Katsura et al., 2010; Meredith-Jones et al., 2009; Takeshima et al., 2002; Tsourlou et al., 2006; Volaklis et al., 2007; Wang et al., 2007). Por medio de diferentes métodos (i.e. 1 RM, 3 RM, 10 RM, pruebas isocinéticas e isométricas y funcionales) fue

medida la fuerza, existiendo resultados positivos en la mayoría de estos estudios, los cuales, o bien durante el ejercicio aeróbico integraban el entrenamiento neuromuscular, o bien únicamente ejecutaban un entrenamiento neuromuscular. En este sentido, cabe destacar que Pinto et al. (2014) resaltó que el orden de ejecución del entrenamiento concurrente neuromuscular es relevante, concluyendo que dicho entrenamiento neuromuscular debe realizarse antes del trabajo cardiovascular para obtener las mayores ganancias de fuerza y espesor muscular.

El uso de dispositivos, para agrandar el área frontal proyectada con agua, es una estrategia utilizada frecuentemente para aumentar la fuerza muscular requerida. Si bien, no son indispensables para generar un adecuado nivel de activación muscular (Colado et al., 2013; Prado et al., 2016), sí que resultan un elemento útil para aumentar la resistencia del movimiento y controlar dicha resistencia en AM (Graef, Pinto, Alberton, de Lima, & Krueel, 2010). En este sentido, se pueden diferenciar dos tipos de materiales que pueden utilizarse en el medio acuático: los de flotación y los de arrastre (Colado & Triplett, 2009).

Los materiales de flotación se caracterizan por una densidad inferior a la del agua, por lo que el fluido tiende a empujar el material de manera vertical y ascendente. La resistencia que estos dispositivos ofrecen es el resultado de la suma de la fuerza de flotación y la de arrastre, siendo las acciones musculares generadas con su uso, del tipo excéntrico, en el momento en que la fuerza es utilizada para reducir la acción ascendente del material a la superficie (Borreani et al., 2014; Martinez, Ghiorzi, Gomes, & Loss, 2011).

Los materiales de arrastre se caracterizan por aumentar la superficie frontal de área con el fin de aumentar a su vez la resistencia. Debido a que su densidad es similar a la del agua, la fuerza de flotación es inexistente, y la resistencia generada viene a raíz del arrastre del material (Borreani et al., 2014; Colado, 2004). Estos dispositivos permiten

activar tanto músculos agonistas como antagonistas durante la ejecución del mismo ejercicio, al aprovechar las propiedades del material cambiando la dirección del movimiento (Colado & Triplett, 2009).

Siendo la velocidad de ejecución un factor tan relevante para alcanzar una adecuada resistencia al movimiento en el medio acuático (Alexander, 1977), y debido a que el envejecimiento trae consigo una pérdida de la capacidad para generar fuerza de manera rápida más temprana que la capacidad para alcanzar un pico de fuerza máxima (Katsoulis, Stathokostas, & Amara, 2019), se podría considerar que el uso de dispositivos de arrastre podría resultar una estrategia eficaz en AM para compensar los casos en los que no se pueda alcanzar una velocidad de ejecución suficiente para generar una adecuada activación muscular.

Se puede concluir pues, que el entrenamiento de fuerza con resistencia variable en el medio acuático es una alternativa válida, eficaz y segura para desarrollar la fuerza en personas mayores.

2.7. Síntesis bibliográfica y génesis de la investigación

Son diversos los estudios que resaltan la importancia de profundizar en aspectos tales como, esclarecer los efectos que un entrenamiento de fuerza puede generar en la composición corporal, en la salud ósea, en el rendimiento motor y en el bienestar, ya sea mediante el uso de dispositivos elásticos (Colado & Triplett, 2008; Colado et al., 2009; Colado et al., 2012; Flández, 2014; Fritz et al., 2018; Gaedtke & Morat, 2016; Gargallo et al., 2018; Kwon et al., 2010; Liao et al., 2018; Martins et al., 2013; Straight et al., 2012; Tauton et al., 1996; Volaklis, Spassis, & Tokmakidis, 2007; Yoon et al., 2016), o en el medio acuático (Aboarrage et al., 2018; Avelar, Bastone, Alcântara, & Gomes, 2010; Bento, Lopes, Cebolla, Wolf, & Rodacki, 2015; Colado et al., 2009; Colado et al., 2012; Balsamo et al., 2013; Dziubek et al., 2015; Ignasiak, Falkenberg, Ignasiak, & Koziel,

2016; Irandoust & Taheri, 2015; Moreira et al., 2013; Reichert et al., 2018; Rica et al., 2013; Rotstein et al., 2008; Sanders et al., 2013; Silva et al., 2018; Takeshima et al., 2002; Tsourlou, Benik, Dipla, Zafeiridis, & Kellis, 2006) en AM. Sin embargo, son pocos los que tratan de dilucidar la diferencia de efectos generados entre el uso de ambos métodos (Colado et al., 2009; Colado et al., 2012), si bien, sí que existen varios que comparan los efectos de un entrenamiento ejercido en el medio acuático, versus medio terrestre (Avelar et al., 2010; Balsamo et al., 2013; Bergamin et al., 2013; Heywood et al., 2019; Irandoust et al., 2019; Júnior et al., 2020; Lund et al., 2008; Tauton et al., 1996; Volaklis et al., 2007; Wong, 2019) siendo un número reducido los que evalúan variables semejantes a los de la presente investigación (Avelar et al., 2010; Balsamo et al., 2013; Bergamin et al., 2013; Irandoust et al., 2019; Lund et al., 2008; Tauton et al., 1996). Además, la gran mayoría de estos estudios presentan limitaciones o características que reducen la potencia del estudio en comparación con el presente trabajo, como el número de participantes, la duración del protocolo de entrenamiento, las variables analizadas, los dispositivos de medición o el rigor metodológico empleado. A continuación, se darán detalles generales de algunos de ellos.

Colado et al. (2009) realizaron un estudio en el cual compararon los efectos generados mediante entrenamiento en el medio acuático versus material elástico sobre marcadores de salud cardiovascular y capacidad física en mujeres postmenopáusicas. A su vez, Colado et al. (2012), realizaron otro estudio con el fin de determinar los efectos de un programa de entrenamiento de fuerza supervisada en la composición corporal y la capacidad física de las mujeres mayores. Sin embargo, además de contar con una duración más breve que la del presente estudio (24 y 10 semanas respectivamente), y pese a que realizaron tests similares a los del presente estudio para analizar la capacidad funcional, evaluaron la composición corporal mediante impedancia bioeléctrica haciendo uso de una

Tanita (modelo BC-418) mientras que el presente estudio analizó la composición corporal mediante absorciometría dual de rayos X (DXA), método considerado “*Gold Estándar*”.

Por su parte, Avelar et al. (2010) realizaron un estudio con el fin de evaluar el impacto de un programa estructurado de ejercicios acuáticos y no acuáticos para la resistencia de los músculos de las extremidades inferiores en el equilibrio estático y dinámico de las personas mayores. Este estudio tuvo una duración de 6 semanas, y evaluó el equilibrio mediante test: la escala de equilibrio de Berg, el índice dinámico de la marcha, la velocidad de la marcha y la marcha en tándem, mientras que el presente estudio tuvo una duración de 32 semanas y contó con un dispositivo basado en posturografía para evaluar el equilibrio estático, método considerado “*Gold Estándar*” para su análisis.

Recientemente, Irandoust et al. (2019), compararon el efecto del ejercicio acuático sobre la movilidad postural en AM, y para ello incluyeron en su estudio un grupo que realizó los ejercicios en el medio terrestre. El protocolo de entrenamiento duró solo 8 semanas, tuvo un número de participantes por grupo considerablemente menor en comparación a los grupos del presente estudio (10 sujetos por grupo), y para evaluar el equilibrio utilizaron el test de Tinetti, que pese a estar validado para el análisis del equilibrio, sus resultados no son tan fiables como los proporcionados por los dispositivos de posturografía.

Estudios anteriores como el de Tauton et al. (1996), trataron de ver el efecto de un entrenamiento en el medio acuático versus medio terrestre para comparar su efecto en la aptitud cardiorrespiratoria, la composición corporal, la flexión del tronco hacia adelante y las mediciones de fuerza de mujeres mayores. Sin embargo, para el análisis de la composición corporal, su metodología se basa en la plicometría, la cual es menos fiable que la DXA empleada en el presente estudio. A esto hay que sumarle su duración reducida (12 semanas) lo cual limita la potencia del estudio.

Balsamo et al. (2013) realizaron un estudio para comparar la DMO de mujeres postmenopáusicas sometidas a entrenamiento de resistencia y mujeres postmenopáusicas que entrenan ejercicios acuáticos con pesas. Este estudio tuvo una duración de 11 meses, y al igual que el presente estudio, analizó la DMO mediante absorciometría dual de rayos X. Sin embargo, su muestra fue ligeramente menos numerosa que la del presente estudio (22 frente a 26) y sus participantes entrenaron durante alrededor de un año antes de iniciar el estudio, con el consiguiente riesgo de sufrir “efecto techo”.

Por otro lado, Bergamin et al. (2013) realizaron un estudio para realizar una comparación entre entrenamientos en el medio acuático versus medio terrestre en personas mayores sobre la fuerza muscular isométrica. Pese a contar con una célula de carga dinamométrica similar a la del presente estudio, la duración de su protocolo de entrenamiento fue más breve (24 semanas frente a 32 del presente estudio), y su muestra fue más reducida (17 frente a 26 del presente estudio).

Lund et al. (2008) realizaron un estudio en el cual compararon la eficacia del ejercicio acuático y un programa de ejercicio en tierra versus el control en pacientes con osteoartritis de rodilla. Si bien poseyó un protocolo de larga duración (3 meses), centraron su objetivo en analizar la variable dolor, por lo que el presente estudio amplía la información en relación a los efectos comparando ambos medios.

Así pues, este es el primer estudio en el que se analizan los efectos sobre la composición corporal, hueso, rendimiento motor y bienestar con instrumentos de medición “*Golden*” y con un programa de larga duración que emplea estos dos métodos de resistencia variable. A este hecho hay que sumarle que es el primer estudio que compara los efectos con dichos dispositivos utilizando un diseño en su protocolo de entrenamiento que permita equiparar la intensidad del ejercicio de ambos, en una población anciana.

Capítulo 3

Objetivos e hipótesis

En función de la revisión bibliográfica efectuada y de la experiencia profesional acumulada, se han propuesto los siguientes objetivos e hipótesis que versarán entorno a la composición corporal, el hueso, el rendimiento motor, y el bienestar físico, psicológico y social.

3.1. Objetivos

El presente estudio pretende dar respuesta a una serie de incógnitas que han ido surgiendo en relación a los efectos de la aplicación de diferentes dispositivos o medios (terrestre y acuático) que aportan una resistencia variable para el entrenamiento de la fuerza en personas mayores, con la finalidad de esclarecer científicamente la efectividad de cada uno de ellos, por separado y en comparación. En consecuencia, a continuación, se muestran los objetivos propuestos para la presente tesis doctoral.

3.1.1. Objetivo general

El objetivo general fue evaluar los efectos de un programa de entrenamiento de la fuerza a largo plazo (32 semanas) utilizando dos tipos de materiales de resistencia variable, como son el elástico y el medio acuático, sobre algunos parámetros de composición corporal, hueso, rendimiento motor y bienestar de mujeres adultas mayores.

3.1.2. Objetivos específicos

- Analizar y comparar los efectos del entrenamiento de la fuerza utilizando material elástico o el medio acuático sobre variables de composición corporal, concretamente de la masa grasa.
- Analizar y comparar los efectos del entrenamiento de la fuerza utilizando material elástico o el medio acuático sobre variables de la masa ósea, concretamente el contenido y densidad mineral ósea y el T-Score de la cadera y de la columna.

- Analizar y comparar los efectos del entrenamiento de la fuerza utilizando material elástico o el medio acuático sobre variables del rendimiento motor, concretamente:
 - Fuerza isométrica de los brazos, piernas y región lumbar.
 - Fuerza isocinética de los brazos, piernas y cadera.
 - Resistencia muscular de los miembros superiores e inferiores.
 - Agilidad.
 - Equilibrio estático y dinámico.
 - Resistencia cardiovascular.
- Analizar y comparar los efectos del entrenamiento de la fuerza utilizando material elástico o el medio acuático sobre variables del bienestar físico, psicológico y social, concretamente a través del análisis de la función física y social, el rol físico y emocional, el dolor corporal, la vitalidad, y la salud mental y general.

3.2. Hipótesis

Hipótesis 1: La aplicación de un programa de entrenamiento de la fuerza en mujeres adultas mayores con diferentes dispositivos o medios de resistencia variable contribuirá a mejorar la composición corporal, el hueso, el rendimiento motor y el bienestar físico, psicológico y social.

Hipótesis 2: La aplicación de un programa de entrenamiento de la fuerza en mujeres adultas mayores utilizando tubos elásticos contribuirá a mejorar de igual forma que el entrenamiento en el medio acuático la composición corporal, el hueso, el rendimiento motor y el bienestar físico, psicológico y social.

Capítulo 4

Metodología

A continuación, se procederá a exponer la metodología científica utilizada durante la ejecución de la investigación de la presente tesis doctoral, por medio de la cual se trató de obtener la consecución de los objetivos y la pertinente contrastación de las hipótesis planteadas. Por tanto, se desarrollarán seis apartados que darán cuerpo a este capítulo.

4.1. Diseño del estudio

De cara a analizar las adaptaciones que se dieron tras la intervención del estudio, se realizó un diseño experimental situado en el marco de la investigación cuantitativa, con medidas pre y post-test. Con un carácter longitudinal, dicho diseño contó con 3 grupos aleatorizados de sujetos pertenecientes a la tercera edad (mínimo 60 años) que llevaron a cabo una intervención de entrenamiento físico intenso. Los sujetos, los cuales pertenecían a Centros Municipales de Actividades para Personas Mayores (CMAPM) entraron a formar parte de dos grupos experimentales que realizaron la intervención utilizando medios o dispositivos diferentes de resistencia variable. Un grupo realizó el protocolo de entrenamiento de la fuerza utilizando material elástico, más concretamente mediante el uso de tubos elásticos de diferentes niveles de resistencia a su deformación para regular la intensidad (GT). El segundo grupo realizó el entrenamiento en el medio acuático (GA), ayudándose de distintos tipos dispositivos de arrastre para regular la intensidad. El tercer grupo, también perteneciente a CMAPM, cumplió la función de grupo control (GC). Las variables dependientes sobre las que se analizó el posible efecto en el tiempo (pre y post a las 32 semanas) de los dispositivos de resistencia variable (elásticos o agua) empleados para el entrenamiento de la fuerza fueron: composición corporal, hueso, rendimiento motor y bienestar físico, psicológico y social.

El estudio fue previamente aprobado por el Comité de Ética de la Universidad de Valencia (nº H1395923230221), de modo que todos los procedimientos descritos en este estudio cumplieron con los requisitos establecidos en la declaración de Helsinki 1975,

revisada en 2008. La copia de la autorización del comité de ética se puede revisar en el Anexo 1. Por otro lado, se especificó a los participantes que la información que facilitaran y la obtenida como consecuencia de las exploraciones complementarias a las que se iban a someter pasarían a formar parte de un fichero automatizado, con la finalidad de investigación y docencia en las áreas de salud, actividad física y deporte, en cumplimiento de la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal. Este estudio se adhirió a la declaración CONSORT (*Consolidated Standards of Reporting Trials*) para garantizar información transparente y estandarizada.

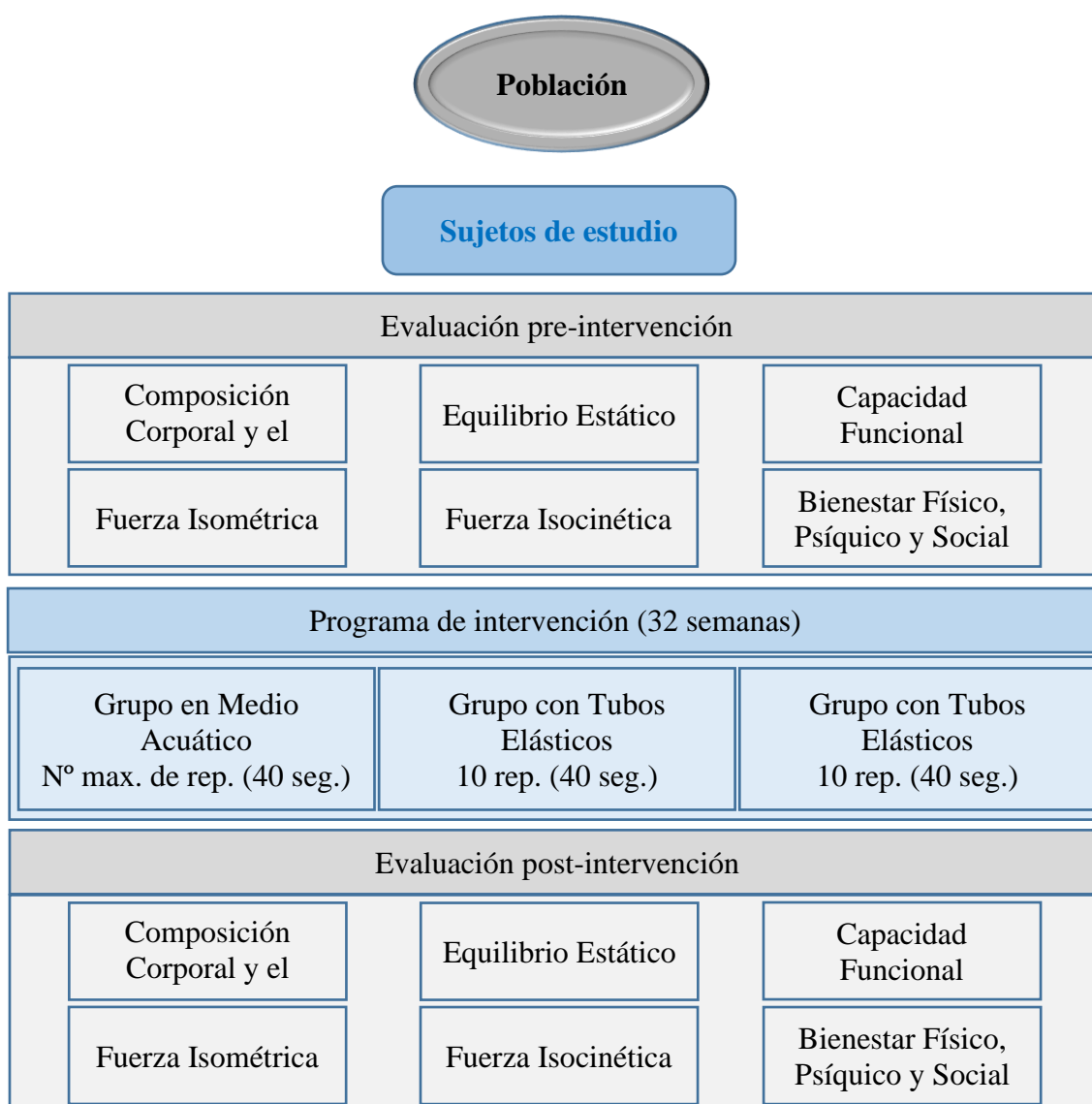


Figura 7. Diseño del estudio

4.2. Población de estudio

Para realizar el estudio, se contó con la ayuda de 145 sujetos ancianos cuya edad se encuentra entre 60 y 85 años, de las cuales 101 iniciaron la intervención, y de las cuales finalmente, 84 mujeres de este sesgo fueron incluidas en el análisis estadístico del estudio. Estas personas accedieron al estudio como voluntarias a través de Centros Municipales de Actividades Para Personas Mayores (CMAPM) dependientes del ayuntamiento de Valencia, y los cuales habían quedado en una lista de espera superior a 100 personas para recibir servicio de actividad física.

Los CMAPM son centros de encuentro, comunicación y esparcimiento, de titularidad municipal, en los cuales se desarrollan diferentes actividades dirigidas a personas jubiladas y pensionistas mayores de sesenta años, vecinas de la ciudad de Valencia. Estas actividades son de tipo formativo y lúdico, y están destinadas a mejorar la calidad de vida de las personas mayores, así como a facilitar el acceso a los bienes culturales y a las actividades de ocio y tiempo libre del mismo barrio en el que se ubican.

Para el reclutamiento de la muestra, los sujetos de estudio debían cumplir con unos criterios de inclusión y exclusión (detallados en el siguiente apartado), por lo que la selección de los mismos, además de forma no probabilística, se realizó mediante un muestreo intencional opinático.

Se realizaron dos reuniones, la primera con el Director de Sección de Adultos Mayores del Ayuntamiento de Valencia para aprobar el registro de entrada número 001132014010415 para la autorización del estudio (Anexo 2). La segunda, con los directivos de cada uno de los CMAPM que finalmente participaron en el estudio, con el fin de concretar la presentación del proyecto y la coordinación de las actividades, a la par que la difusión e inscripción de los sujetos que habrían de participar en el ensayo clínico.

Los centros colaboradores con el estudio fueron los siguientes:

1. CMAPM Benimaclet
2. CMAPM Campanar
3. CMAPM Marchalenes
4. CMAPM Nou Moles
5. CMAPM Ruzafa

Posteriormente, todos los sujetos ancianos que mostraron interés por su participación en el estudio, fueron citados a sus respectivos centros con el fin de informarles de las características de la intervención y evaluación del mismo, así como sobre los beneficios, riesgos y molestias que pueden resultar de la participación.

Todos los sujetos que cumplieron con los requisitos de inclusión, y que finalmente participaron en el estudio, previo a la intervención, presentaron una autorización del médico de cabecera para realizar actividad física y firmaron un documento de consentimiento informado (Anexo 3) en el cual aceptaban los objetivos del proyecto, así como los protocolos y metodología preestablecidos. No obstante, este documento, no les impedía abandonar el estudio si así lo deseaban.

Una vez cumplidos los criterios de inclusión, 145 sujetos ancianos se sometieron a la evaluación pre-test de las variables del estudio, de los cuales 101 mujeres iniciaron el programa de intervención física, y 84 se sometieron a la evaluación post-test. 23 de estos sujetos pertenecieron al CMAPM de Benimaclet, 14 al CMAPM de Marxalenes, 13 al CMAPM de Ruzafa, 14 al CMAPM de Nou Moles y 20 al CMAPM de Campanar.

4.2.1. Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión que se establecieron para la participación en el estudio fueron los siguientes:

- Ser mujer y tener 60 años o más.
- No realizar ejercicio físico, ni haber participado en un programa de entrenamiento los 6 meses anteriores.
- Pertenecer a la lista de espera de inscripción para realizar actividad física en sus respectivos CMAPM.
- Ser capaz de caminar sin asistencia de bastón 100 m y subir 10 escalones sin descanso.
- Facilitar una autorización expedida por parte del médico cabecera para la realización de la actividad física propuesta en el programa.
- Ser capaz de firmar un formulario de consentimiento informado.

Teniendo en cuenta la especificidad del carácter del estudio, y en especial, de la intervención física a la que los sujetos se iban a someter, fue preciso establecer los siguientes criterios de exclusión la presencia de:

- Síndrome clínico o enfermedad cardiovascular, neurológica, respiratoria o musculo-esquelética aguda o crónica que pueda interferir en la realización de alguna de las pruebas o en el programa de entrenamiento.
- Presencia de disfunción visual, auditiva o cognitiva que dificultara la participación en el programa.
- Enfermedad cardiopulmonar severa.

- Historia de neoplasias malignas.
- Enfermedad terminal.
- Fluctuación del peso corporal mayor a 2 kg durante el año pasado.
- Cambio en los medicamentos durante al menos 6 meses antes de inscribirse en el estudio.
- La toma de medicación o ayudas ergo-génicas que pudieran alterar significativamente los resultados de las variables dependientes.
- Declaración manifiesta de que a lo largo del estudio podrían realizar otras actividades físicas que pudieran influir en los resultados del estudio.

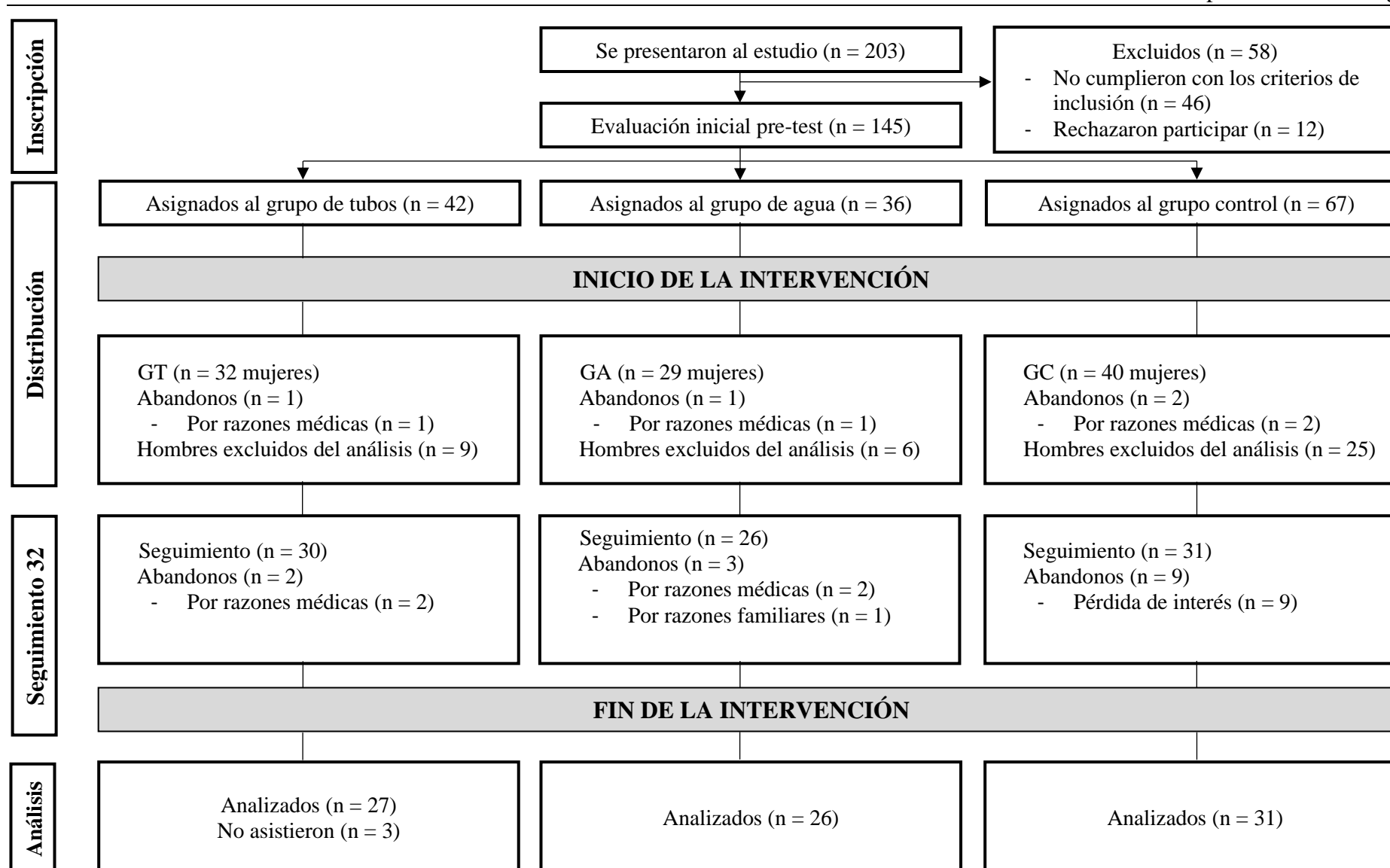


Figura 8. Diagrama de flujo del estudio.

4.3. Variables del estudio

Las variables dependientes, independientes y de control se registraron en todos los participantes del estudio (GT, GA y GC) y fueron las siguientes:

4.3.1. Variables independientes

El protocolo para el entrenamiento de la fuerza ha sido considerado como la variable independiente. Dicho protocolo fue seguido por parte de los sujetos del estudio durante 32 semanas. Este protocolo fue implementado a través de dos tipos distintos de materiales o dispositivos de resistencia variable (elásticos y agua). Tanto los dispositivos como el protocolo se describen con mayor profundidad en el apartado “4.5.4” y en el “4.5.5”, respectivamente.

4.3.2. Variables control

Asistencia

Hace referencia al número de sesiones de entrenamiento que realizaron los participantes. Se expresó en porcentaje (%) en relación al total de sesiones planificadas, y se estipuló que el mínimo para ser incluido en el análisis estadístico sería un 80%.

Alimentación

Para asegurar la fiabilidad de los resultados en las evaluaciones, se indicó a los participantes del estudio que, durante el transcurso del mismo, mantuviesen sus hábitos alimentarios.

Actividad física diaria y descanso

Se indicó a los participantes que no debían variar su actividad física habitual siempre y cuando esta, fuese de baja intensidad, siendo una norma el no participar en otros programas de entrenamiento físico ajeno al estudio durante su progreso.

4.3.3. Variables dependientes

Composición corporal: Porcentaje de grasa total

Se define como la cantidad de tejido adiposo localizado en la totalidad del cuerpo, el cual viene expresado en porcentaje. Fue medida mediante un densitómetro de rayos X de energía dual.

Masa ósea

Las variables óseas seleccionadas para su análisis se encuentran en dos localizaciones específicas del esqueleto. Por un lado, en la región proximal del fémur (siendo analizadas las variables “cadera total”, “trocánter mayor”, “triángulo de Ward” y “cuello femoral”), y por el otro, en la columna lumbar (siendo analizada el total de las vértebras de la L1 a la L4). Fue medida mediante un densitómetro de rayos X de energía dual. Las variables medidas concretamente fueron:

- **Contenido Mineral Óseo (CMO).** Cantidad de mineral óseo que se encuentra en un área específica, la cual viene expresada en gramos (g).
- **Densidad Mineral Ósea (DMO).** Se define la cantidad total de mineral (por lo general, calcio y fósforo) por unidad de área, y viene expresado en gramos por centímetro cuadrado (g/cm^2).
- **T-Score.** Se define como el número de desviaciones estándar con respecto al valor medio de una población de mujeres blancas caucásicas 20 a 29 años. Permite estratificar el riesgo de fractura del hueso. Es un valor sin unidades ya que es la ratio entre dos números con las mismas unidades.

Equilibrio estático

Es definido como “el proceso” por el cual se controla el centro de masa del cuerpo respecto a la base de sustentación (Rose, Jones, & Lucchese, 2002). Para su análisis, se utilizó un sistema de posturografía en una plataforma dinamométrica aplicando el test de

Romberg (1853) en las variantes: “ojos abiertos”, “ojos cerrados”, “ojos abiertos sobre una plancha de gomaespuma” y “ojos cerrados sobre una plancha de gomaespuma”.

La variable seleccionada fue el desplazamiento total (DT) el cual se define como la longitud en milímetros (mm) del recorrido total del centro de presiones (resultante de las fuerzas ejercidas para mantener el centro de gravedad dentro de los límites de la base de sustentación).

Capacidad funcional

Es definida como la capacidad de ejecutar tareas y desempeñar roles en la vida diaria sin necesidad de supervisión (Cossio Bolaños et al., 2017). Puede medirse mediante la batería *Senior Fitness Test* de Rikli y Jones (1997, 2001, 2013), siendo las pruebas seleccionadas para su análisis las siguientes:

- **Ponerse de pie y sentarse (PS)**. Prueba perteneciente a la batería *Senior Fitness Test* (SFT) de Rikli y Jones (1997, 2001, 2013), y que mide la fuerza de las extremidades inferiores. Se mide en repeticiones (reps).
- **Flexión de codo (FC)**. Prueba perteneciente a la batería *Senior Fitness Test* (SFT) de Rikli y Jones (1997, 2001, 2013), y que mide la fuerza de las extremidades superiores. Se mide en repeticiones (reps).
- **Timed Up and Go Test (TUP)**. Prueba perteneciente a la batería *Senior Fitness Test* (SFT) de Rikli y Jones (1997, 2001, 2013), y que mide la agilidad y equilibrio dinámico. Se mide en segundos (s).
- **Test de marcha en 6 minutos (TM6')**. Prueba perteneciente a la batería *Senior Fitness Test* (SFT) de Rikli y Jones (1997, 2001, 2013), y que mide la distancia total recorrida durante seis minutos. Se mide en metros (m).

Fuerza isométrica

Es definida como la fuerza o torque máximo generado por una contracción isométrica voluntaria máxima (Abernethy, Wilson, & Logan, 1995). Se evaluó por medio de una célula de carga resistiva en forma de “S”, siendo las pruebas seleccionadas para su análisis las siguientes:

- **Remo vertical (RV).** Evalúa la fuerza máxima voluntaria isométrica (FMVI) de las extremidades superiores. Se mide en kilogramos (kg).
- **Prensa de piernas (PSA).** Evalúa la FMVI de las extremidades inferiores. Se mide en kilogramos (kg).
- **Extensión de tronco (ET).** Evalúa la FMVI de la musculatura extensora de la espalda. Se mide en kilogramos (kg).

Fuerza isocinética

Es definida como la fuerza ejercida a una velocidad constante (Cerde, 2018). Concretamente se midió el pico máximo de torsión (peak torque), entendido como el módulo del momento angular específico más elevado del ejercicio isocinético, el cual se mide en Newtons por metro (N.m). Se evaluó por medio de un dinamómetro isocinético a 60°/s y a 180°/s, siendo las pruebas seleccionadas para su análisis las siguientes:

- **Abducción-adducción de cadera.** Evalúa el pico máximo de torsión de la cadera. Se mide en Newtons por metro (N.m).
- **Flexo-extensión de rodilla.** Evalúa el pico máximo de torsión de la rodilla. Se mide en Newtons por metro (N.m).
- **Flexo-extensión de hombro.** Evalúa el pico máximo de torsión del hombro. Se mide en Newtons por metro (N.m).

Bienestar físico, psicológico y social

Es definida como un constructo que expresa el sentir positivo y el pensar constructivo acerca de sí mismo, que se define por su naturaleza subjetiva vivencial, y que se relaciona estrechamente con aspectos particulares del funcionamiento físico, psíquico y social (García-Viniegras & González-Benítez, 2000). Fue evaluado mediante el cuestionario de salud SF-36 (Alonso, Prieto, & Antó, 1995; Ware & Sherbourne, 1992), siendo las dimensiones analizadas las siguientes:

- **Función física.** Grado en que la salud limita las actividades físicas tales como el autocuidado, caminar, subir escaleras, inclinarse, coger o llevar pesos y los esfuerzos moderados e intensos.
- **Función social.** Grado en que los problemas de salud física o emocional interfieren en la vida social habitual.
- **Rol físico.** Grado en que la salud física interfiere en el trabajo y otras actividades diarias, incluyendo rendimiento menor que el deseado, limitación en el tipo de actividades realizadas o dificultad en la realización de actividades.
- **Rol emocional.** Grado en que los problemas emocionales interfieren en el trabajo u otras actividades diarias.
- **Salud general.** Valoración personal de la salud, que incluye la salud actual, las perspectivas de salud en el futuro y la resistencia a enfermar.
- **Salud mental.** Salud mental general, incluyendo depresión, ansiedad, control de la conducta o bienestar general. Dolor corporal. Intensidad del dolor y su efecto en el trabajo habitual, tanto fuera de casa como en el hogar.

- **Vitalidad.** Sentimiento de energía y vitalidad, frente al sentimiento de cansancio y agotamiento.
- **Evolución de la salud.** Valoración de la salud actual comparada con la de un año atrás.

4.4. Procedimiento de evaluación e instrumentos de medición

Las evaluaciones de las distintas variables seleccionadas para el estudio, se realizaron en las instalaciones de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y Deporte y Fisioterapia de la Universidad de Valencia (Figura 9). Los sujetos se desplazaron a esta sede ya que cuenta con los dispositivos de medición adecuados para el registro de las pruebas.

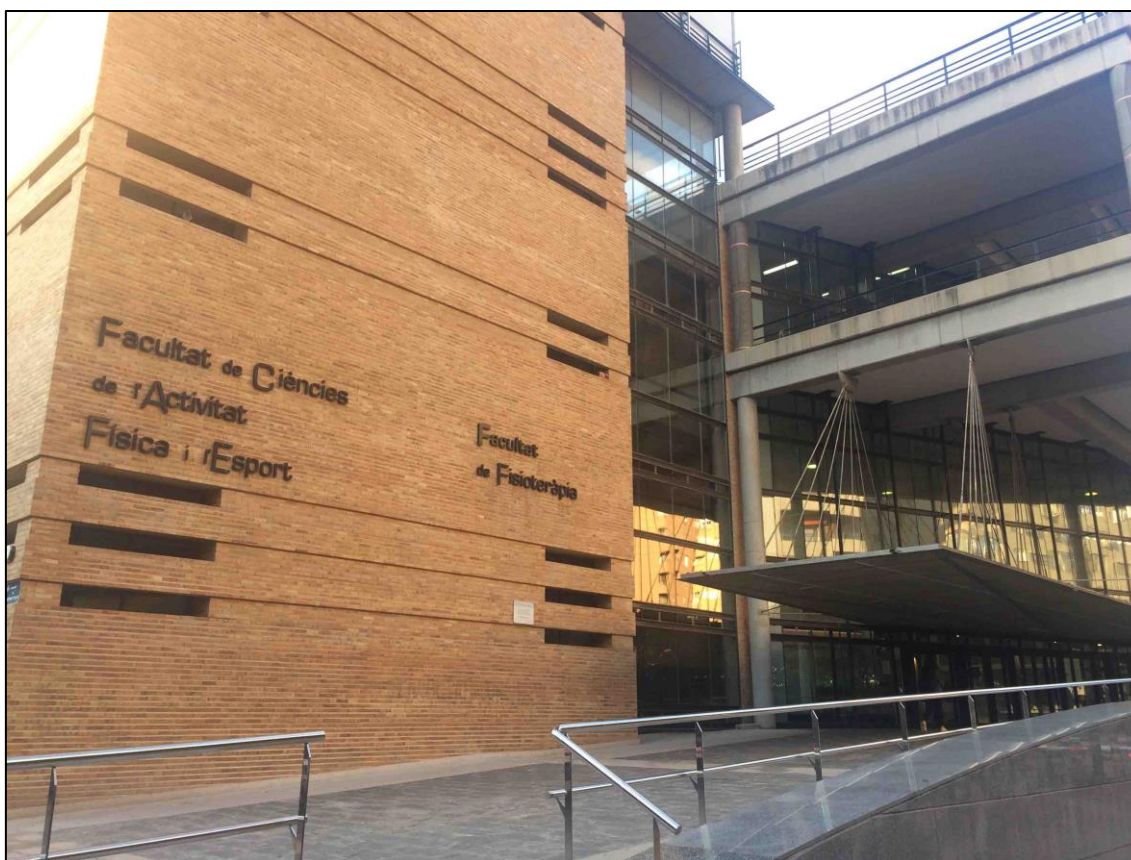


Figura 9. Facultad de ciencias de la actividad física y deporte y fisioterapia de la universidad de valencia

De esta manera, los participantes acudieron dos semanas antes del inicio de programa de intervención física y dos semanas después de finalizar el mismo para someterse a las evaluaciones, respetando siempre la misma secuencia y franja horaria.

Recibieron previamente instrucciones de no ingerir alimentos al menos dos horas antes de las evaluaciones y no realizar ejercicio físico ni el día anterior ni el mismo de las mediciones.

4.4.1. Valoración antropométrica

Talla

Es una medida del tamaño de un individuo e indica su crecimiento lineal, representando el crecimiento esquelético. Por medio de un tallímetro portátil (Seca T214, Hamburgo, Alemania) se registró la altura de cada uno de los participantes. El rango de medición de este instrumento es de 20 a 207 cm, y según el fabricante, la precisión de la medición es de 1mm (Figura 10).

Previo a su registro, se solicitó a cada sujeto que se despojara de cualquier abalorio del cabello, moños, trenzas o cualquier elemento que pudiera modificar la estatura del evaluado. Posteriormente, cada sujeto se situaría en la base del tallímetro, erguido y descalzo, con el peso del cuerpo distribuido uniformemente y con la espalda unida al estadiómetro.

Una vez adoptada la postura correcta, cada participante realizó una inspiración profunda manteniendo la cabeza en el plano de Frankfort (línea imaginaria que pasa por el borde inferior de la órbita ocular y por el punto más alto del conducto auditivo externo, paralela al suelo y perpendicular al eje longitudinal del cuerpo). En el momento de la espiración, se llevó cavo el registro, con la presión suficiente para comprimir el cabello.

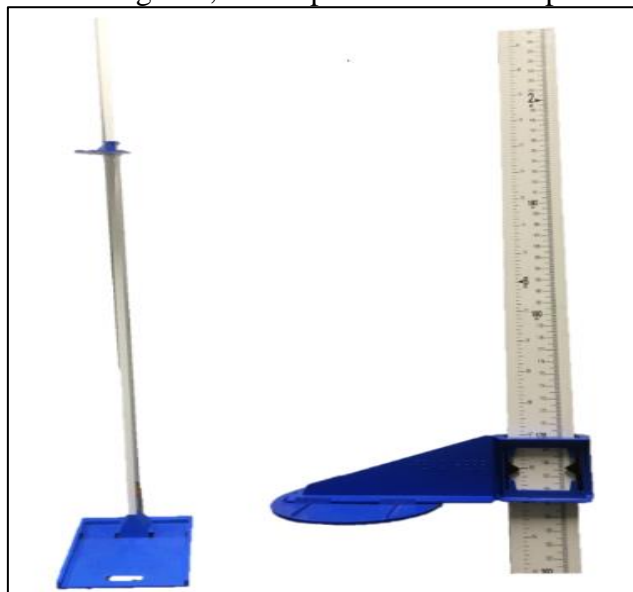


Figura 10. Tallímetro Seca T214

Peso Corporal

La evaluación del peso corporal se realizó mediante la báscula Tanita® modelo BC-418MA (Tanita Corp., Tokio, Japón). Los sujetos se situaron sobre la báscula en bipedestación y descalzos. Asimismo, se vigiló que permaneciesen unos segundos inmóviles mientras la báscula realizaba la toma de datos (Figura 11). Una vez obtenidos los datos de las mediciones, se registraron en una hoja de cálculo de Microsoft Excel para obtener los resultados.



Figura 11. Báscula Tanita® modelo BC-418MA

4.4.2. Composición corporal y hueso

Se empleó un densitómetro óseo por rayos X (DXA) multidetector dual y mono energía con tecnología Fan Beam (QDR® Hologic Discovery Wi, Hologic Inc., Waltham, MA, EE.UU.) (Figura 12) equipado con el software de APEX (APEX Corp., versión 12.4, Waltham, MA, EE.UU.) puesto que se ha demostrado que este instrumento de medición es altamente fiable y preciso para determinar la densidad ósea y la composición corporal de los tejidos blandos de todo el cuerpo así como de las regiones corporales analizadas en el presente trabajo (Bauer & Morley, 2020; Carnevale et al., 2018; Freda et al., 2009; Fuller et al., 1999; Lorente Ramos et al., 2012).

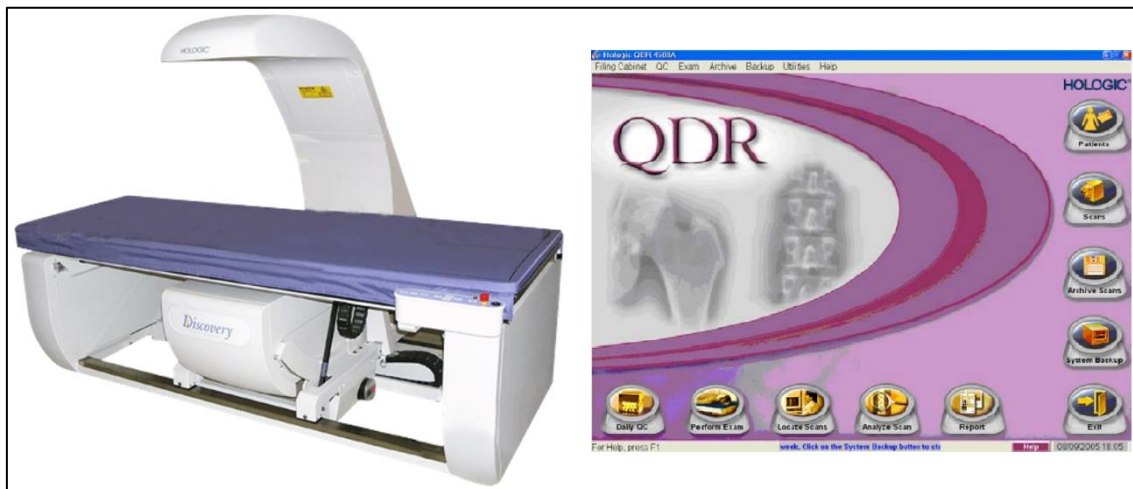


Figura 12. Densitómetro óseo por rayos X multidetector dual y mono energía con tecnología Fan Beam modelo QDR® Hologic Discovery Wi

Las especificaciones técnicas del aparato de absorciometría dual para rayos X se ven reflejadas en la tabla 2.

Tabla 2. Especificaciones técnicas del aparato de absorciometría dual para rayos X

· Ordenador Hologic con 40Gb de disco duro y 512Mb de RAM con un sistema operativo Windows™ XP
· DICOM 3.0 para conectividad con el sistema remoto (PACS)
· Fuente de rayos X con emisión de fotones en forma de abanico de precisión
· Emisión en 2 energías pico 140kV/100kV y emisión mono energía
· Brazo detector móvil motorizado en desplazamiento longitudinal con sistema de detección de alta densidad
· Sistema de calibración permanente y automática con sistema de referencia interna
· 54 detectores de estado sólido
· Software: QDR-Explorer, Hologic Corp., versión 12.4, Waltham, MA, USA desde el cual se configuran todos los parámetros empleados en la evaluación
· Fiabilidad del sistema: para la puntuación general del DEXA, 0,99, para el contenido mineral del hueso, 0,99, para la cantidad de grasa corporal, 0,99 y para la masa libre de grasa, 0,99 (145)

Además, el sistema cuenta con diferentes accesorios que ayudan a la valoración de cada una de las regiones del cuerpo de los pacientes:

- Mesa de exploración móvil en desplazamiento longitudinal y transversal (Figura 13).
- Fantoma para QC de Hologic: estructura cuya morfología es similar a la de una columna vertebral y es reconocida por el sistema de medición para permitir el calibrado del aparato mediante el control de la calidad (Figura 13).

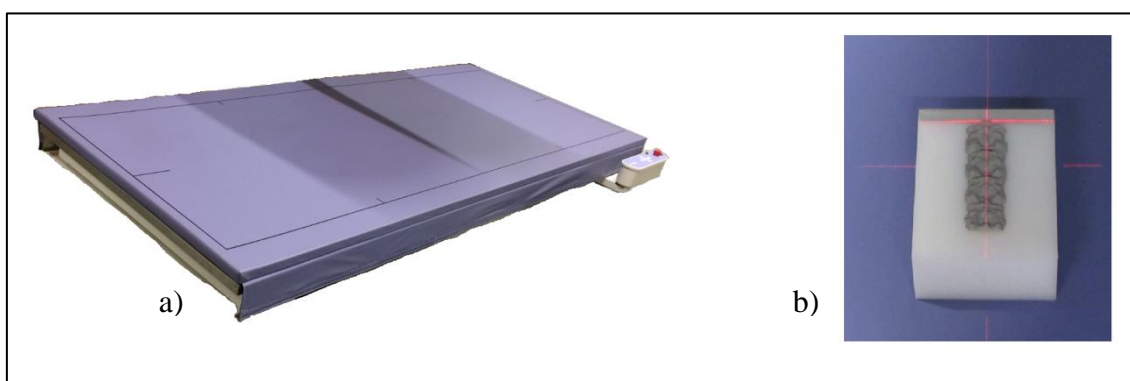


Figura 13. Accesorios del DXA - a. Mesa de exploración móvil; b. Fantoma para QC de Hologic

La cantidad de radiación utilizada en este tipo de mediciones es extremadamente pequeña, ya que utiliza el equivalente a menos del 10% de la exposición de un día a la

radiación natural de fondo, que se corresponde con menos de una décima parte de la dosis estándar de rayos X, concretamente se trata de una radiación de 0,001 mSv. (Fuller et al., 1999).

Composición corporal

La composición corporal se evaluó una vez a los sujetos se les había registrado la altura y el peso, para posteriormente, introducir estos datos en el software del densitómetro de rayos X de energía dual (DXA). Antes de ser escaneados, se les pidió que se despojaron de cualquier objeto metálico para evitar adulterar los resultados. Se situaron en la mesa del DXA en posición decúbito supino, con los brazos extendidos y separados del cuerpo, siempre dentro de los límites establecidos por el dispositivo, con los dedos de la mano semi extendidos y en posición de pronación, y las piernas extendidas con una rotación de 25° de la cadera. Para facilitar esta posición pasiva durante el escáner, se colocó una correa de velcro en los pies, y todo esto para asegurar una correcta evaluación del cuerpo completo, siendo la duración de esta prueba de unos siete minutos aproximadamente.

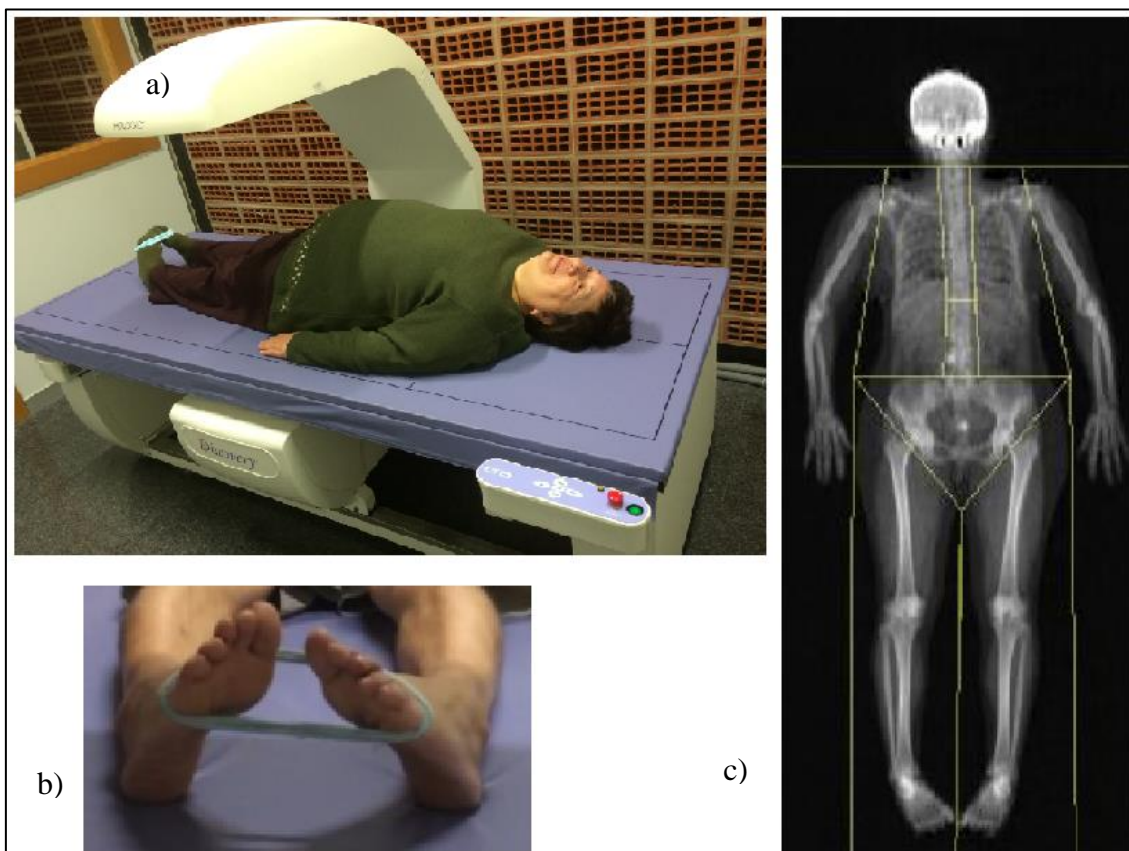


Figura 14. Escaneo de cuerpo completo - a. posición de evaluación según procedimiento detallado; b. correa de velcro para facilitar el ángulo de la cadera; c. imagen de cuerpo completo tras el escáner

Para el presente estudio se empleó la metodología de cuerpo completo, permitiendo la valoración por segmentos de los diferentes tejidos blandos analizados, puesto que para los estudios longitudinales en los que necesitan ser detectados cambios relativamente pequeños en la composición corporal, la exploración de todo el cuerpo con este instrumento se ha demostrado que es precisa y fiable (Bauer & Morley, 2020; Carnevale et al., 2018; Freda et al., 2009). Una vez en posición se procedió a la valoración del sujeto, guardando los datos al finalizar la misma para posteriores análisis.

Hueso

Tras la evaluación de la composición corporal, se procedió al análisis del hueso de la columna vertebral y de la cadera, en las cuales se dedicó especial dedicación en optimizar la posición del evaluado en la mesa acolchada, ya que una posición incorrecta supone una de las causas más importantes de error en la estimación de la DMO (Lentle & Prior, 2003). Para evaluar la columna, manteniendo la postura decúbito supino de la prueba anterior, se colocaron las piernas de los participantes, apoyadas en una caja acolchada para aplanar la pelvis y la parte inferior (lumbar) de la columna reduciendo la lordosis. El análisis se realizó de la vértebra L1 a la L4.

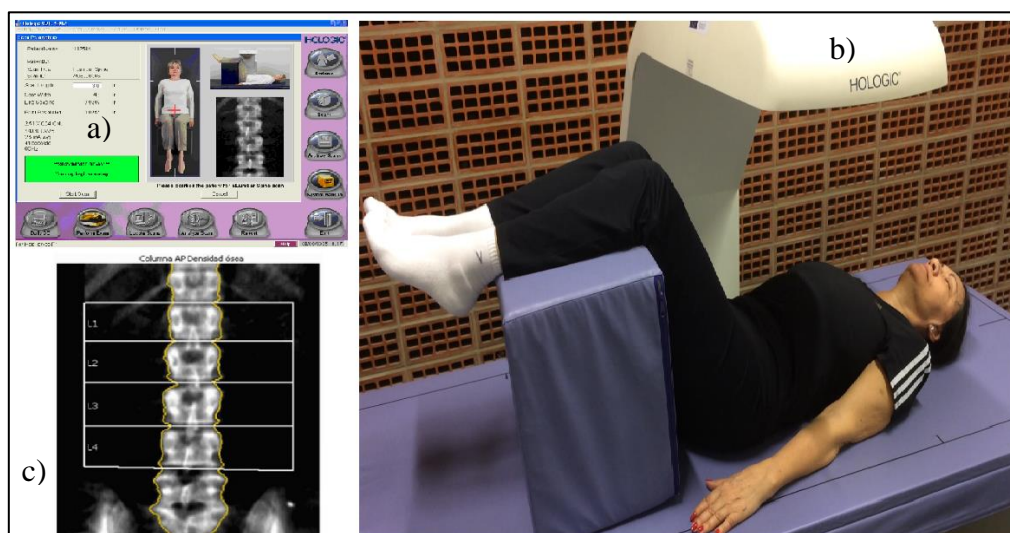


Figura 15. Escaneo de columna - a. indicaciones del software del procedimiento; b. posición de evaluación según procedimiento detallado; c. imagen de la columna (L1-L4) tras el escáner

Para evaluar la cadera, el participante se colocó en posición decúbito supino con la pierna ligeramente en abducción para mantener recto el eje femoral, y en rotación interna (15-30 grados), de manera que en la imagen adquirida el trocánter menor no fuera visible. Para mantener la posición pasiva, el pie del sujeto se colocó unido a una abrazadera que rota la cadera hacia adentro. En ambos casos, el detector pasa lentamente por el área, generando imágenes en un monitor de computadora.

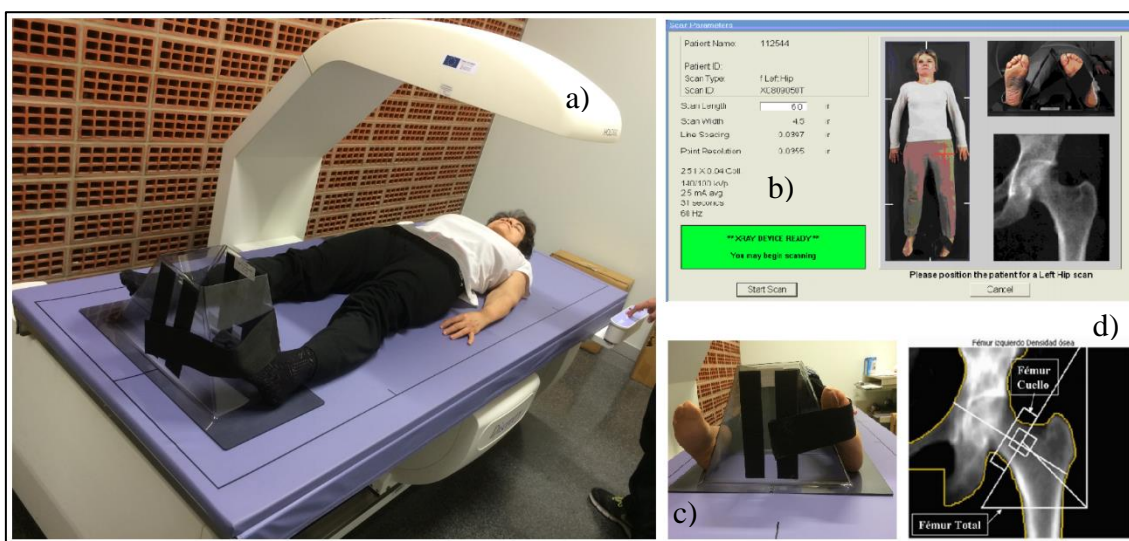


Figura 16. Escaneo de cadera - a. posición de evaluación según procedimiento detallado; b. indicaciones del software del procedimiento; c. abrazadera para rotar la cadera hacia adentro; d. imagen de la cadera tras el escáner

Para el análisis de la imagen del hueso digitalizada una vez se ha finalizado la exploración, se selecciona el campo útil de exploración. En el caso de la columna lumbar se limita desde el borde superior de la L1 al inferior de la L4, con una anchura de 119 líneas (píxeles) homogéneamente distribuidas a ambos lados. En el caso de la cadera, los márgenes se sitúan unos 5 píxeles por fuera del borde del trocánter mayor (lado externo) y de los bordes superior e interior de la articulación de la cadera (lado superointerno) y 19 píxeles por debajo del trocánter menos (lado inferior).

Una vez determinado el campo de exploración, se delimitan los diversos subsectores óseos de manera automática (vértebras por separado o cuello, trocánter, intertrocánterea, triángulo de Ward en la cadera). No obstante, ocasionalmente, para

conservar una óptima homogeneidad, es necesaria una colocación manual, siendo un ejemplo el situar la separación intervertebral en la zona media del espacio discal o la caja de limitación del cuello femoral lo más tangente posible al trocánter mayor (Gomez Alonso, Bernardino Diaz, & Cannata Andía, 1996).

4.4.3. Equilibrio estático

Para la evaluación del equilibrio estático se empleó un sistema de posturografía usando el software de NedSVE/IBV (Figura 17), aprovechando la disposición de este programa fabricado por el Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV).

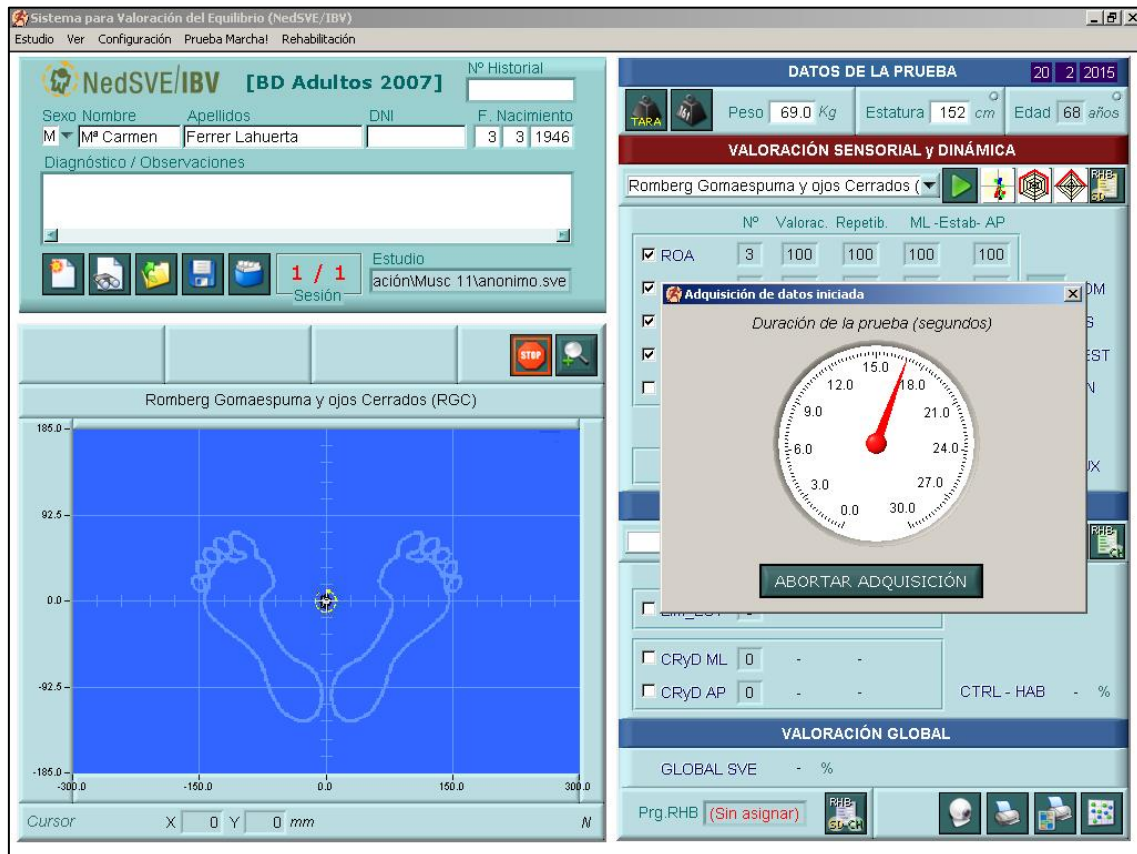


Figura 17. Software de NedSVE/IBV

Se utilizó este programa para el análisis y el seguimiento de trastornos del equilibrio mediante la comparación con patrones de normalidad. Este sistema de medición consta de una plataforma dinamométrica (Dinascan/IBV P600) instrumentada mediante cuatro captadores extensométricos articulados (Baydal et al., 2010).



Figura 18. Plataforma dinamométrica (Dinascan/IBV P600)

Por medio de la plataforma Dinascan/IBV P600, la fuerza ejercida sobre la plataforma se reparte entre cuatro galgas análogamente situadas, que generan las correspondientes señales eléctricas en función de la carga soportada por cada uno de ellas. A partir de las ecuaciones de equilibrio estático de la placa superior de la plataforma, el sistema realiza, en cada instante de tiempo, el cálculo de los tres componentes de la fuerza de reacción, las coordenadas del punto de aplicación de la fuerza vertical resultante y el momento torsor, según la frecuencia de muestreo seleccionada.

La plataforma dispone de dos puentes de Wheatstone basados en galgas extensiométricas, uno de ellos sensible a cargas verticales y el otro a esfuerzos en dirección horizontal. La disposición de las galgas en la plataforma minimiza la sensibilidad cruzada entre canales horizontales y verticales. La plataforma incorpora, además, un módulo interno de amplificación, que la hace más inmune ante perturbaciones electromagnéticas.

Las especificaciones técnicas del sistema NedSVE/IBV de la plataforma se ven reflejadas en la tabla 3.

Tabla 3. Especificaciones técnicas del sistema NedSVE/IBV

Característica	Valor
Dimensiones	60 x 37 cm de área activa y 10 cm de altura (Plataforma dinamométrica con una barrera doble de fotocélulas y una tarima y estructura mecánica que sirven de anclaje de la plataforma y de soporte para los accesorios: monitor de paciente, barreras de fotocélulas, tallímetro y arnés de seguridad. Medidas aproximadas 3.5 x 1.5 m. de superficie, y 2.4 m. de altura).
Peso	25 kg
Frecuencia de muestreo	Configurable hasta 1000 Hz
Rango de medida	Configurable por programa en cuatro rangos (desde 2000 hasta 15000 N en fuerzas verticales y desde ± 1000 hasta ± 7500 N en fuerzas horizontales).
Frecuencia natural de vibración	Mayor de 400 Hz en dirección vertical.
Precisión	10 N
Error máximo para las fuerzas	2%
Conexión	Directa a un ordenador proporcionado junto con el sistema
Software	Dinascan/IBV 8.2.

El protocolo llevado a cabo para la realización de la prueba fue el siguiente: al inicio de la prueba se le explicó a cada sujeto en qué consistía y cuál era el objetivo de dicha prueba, a continuación, se introdujeron los datos en el programa relacionados con el nombre, apellidos, fecha de nacimiento, estatura y peso de la persona evaluada. Seguidamente el sujeto se colocó en bipedestación y descalzo, con los talones en contacto con las huellas representadas en la plataforma de fuerzas, los brazos pegados al cuerpo y con la vista al frente mirando en todo momento a un punto fijo.

La duración del test de Romberg fue de 30 segundos por cada una de las cuatro pruebas que configuran este test, realizándose 3 repeticiones seguidas por prueba. Las diferentes pruebas fueron las siguientes:

1.- Romberg ojos abiertos (ROA): El sujeto sobre la plataforma de fuerzas debe mantener el equilibrio en bipedestación con la mirada al frente sin moverse durante toda la prueba. El sujeto dispone de sus tres aferencias sensoriales (somatosensorial, visual y vestibular) para conseguir mantener el equilibrio.

2.- Romberg ojos cerrados (ROC): Misma posición que en ROA, pero con los ojos cerrados (se elimina el componente visual).

3.- Romberg ojos abiertos sobre gomaespuma (RGA): Mismo desarrollo que en ROA, pero en este caso se coloca un cojín de gomaespuma de 9 cm de altura sobre la plataforma de fuerzas (perturbación propioceptiva), sobre el cual el sujeto debe mantener el equilibrio durante el tiempo estimado.

4.- Romberg ojos cerrados sobre gomaespuma (RGC): Mismo procedimiento que en RGA, pero con los ojos cerrados.

Al finalizar las cuatro pruebas, para determinar los valores de equilibrio correspondientes al pre y pos-test, se extrajeron los resultados de la variable que analiza el desplazamiento total (DT) basado en el desplazamiento del centro de presiones.



Figura 19. Test de equilibrio - a. romberg ojos abiertos; b. romberg ojos cerrados; c. romberg ojos abiertos sobre gomaespuma; d. romberg ojos cerrados sobre gomaespuma

4.4.4. Capacidad funcional

Para medir la fuerza y resistencia muscular, la flexibilidad, la coordinación y la resistencia aeróbica de los sujetos, se utilizó la batería de pruebas *Senior Fitness Test* (SFT) de Rikli y Jones (1997, 2001, 2013). Esta batería consiste en la realización de seis ejercicios que cuentan con validez tanto de contenido, constructo y criterio. Los valores de confiabilidad test-retest para cada una de estas pruebas van desde los 0.8 a los 0.98. Antes de comenzar estas pruebas, los ancianos recibieron información e instrucciones, además de una demostración por parte de los evaluadores (Rikli & Jones, 1997; Rikli & Jones, 2001).

Para completar la batería del SFT, los participantes tuvieron que someterse a las siguientes pruebas:

1.- Ponerse de pie y sentarse (PS): El objetivo de la prueba es evaluar la fuerza del tren inferior. La posición inicial se debe dar con el AM en sedestación hacia la mitad de la silla y la espalda erguida. Los pies apoyados en el suelo y separados al ancho de las caderas, con los brazos en posición de cruz junto al pecho. A la señal del evaluador, el AM debe ejecutar la acción de levantarse sin ayuda de las manos hasta lograr una posición de bipedestación total, y volver a sentarse en la silla, y repetir esta acción durante 30 segundos (Figura 20). Previo a esta acción, el examinador realizó una demostración para que los AM tuvieran clara cuál es la correcta ejecución del ejercicio, repitiendo la acción de menor a mayor velocidad para esclarecer que el objetivo es realizar el mayor número de repeticiones posible. A su vez, antes de realizar el test definitivo, cada AM realizó entre dos y tres ejecuciones lentas para familiarizarse con la acción.

Puntuación: Número total de veces que “se levanta y se sienta” en la silla durante 30 segundos. Si al finalizar el ejercicio el participante se encuentra completando la mitad

o más, del movimiento (levantarse y sentarse), se contará como completo. Se realiza una sola vez.



Figura 20. Test de ponerse de pie y sentarse

2.- Flexión de codo (FC): El objetivo de la prueba es evaluar la fuerza del tren superior. La posición inicial se debe dar con el AM en posición de sedestación en una silla sin bordes laterales manteniendo la espalda erguida. Los pies apoyados en el suelo y separados al ancho de las caderas, permitiendo al brazo dominante libertad de movimiento sin obstáculo de la silla o la propia pierna. Se protocolarizó que cada participante sostendría una mancuerna de 2 kg de peso, situándola en posición perpendicular al suelo, con la palma de la mano orientada hacia el cuerpo y el codo extendido. A la señal del evaluador, el AM debía ejecutar la acción de levantar la mancuerna rotando gradualmente la muñeca (supinación) hasta completar el movimiento de flexión del codo, quedando así, la palma de la mano hacia arriba, y volver a la posición inicial, repitiendo esta acción el mayor número de veces posible en 30 segundos (Figura 21). Previo a esta acción, el examinador realizó una demostración para que los AM tuvieran clara cuál es la correcta ejecución del ejercicio, repitiendo la acción de menor a mayor velocidad para esclarecer que el objetivo es realizar el mayor número de repeticiones posible. A su vez, antes de realizar el test definitivo, cada AM realizó entre dos y tres ejecuciones lentas para familiarizarse con la acción.

Puntuación: Número total de veces que “se flexiona y se extiende” el codo durante 30 segundos. Si al finalizar el ejercicio el participante ha completado la mitad o más, del

movimiento (flexión y extensión del brazo), se contará como completo. Se realiza una sola vez.



Figura 21. Flexión de codo

3.- Test de levantarse, caminar y volverse a sentar (*Timed Up and Go* - UG):

Evalúa la agilidad y el equilibrio dinámico (Figura 22). Se trata de un test validado para medir la coordinación general del participante a través de la marcha y el equilibrio. Para ello, se coloca una silla junto a la pared, y frente a ella, un cono a 8 pies (2.44 metros), medido desde la parte posterior del cono hasta el borde anterior de la silla. El AM debe sentarse hacia la mitad de la silla manteniendo la espalda erguida, con los pies apoyados en el suelo y las manos sobre sus muslos. Un pie debe adelantarse ligeramente respecto al otro, a la vez que se inclina ligeramente el tronco hacia el frente. A la señal del evaluador, el AM debe levantarse y caminar lo más rápido que le sea posible (sin llegar a correr) hasta rodear el cono y volver a sentarse.

El tiempo comenzará a contar desde el momento que el evaluador dice “ya” aunque el participante no haya comenzado a moverse. El tiempo se detiene cuando el AM recupera su posición inicial en la silla.

Puntuación: el evaluador realizará una demostración de la prueba al participante y el participante lo realizará una vez a modo de prueba. El test se realizará dos veces y el examinador lo registrará marcando con un círculo la mejor puntuación.



Figura 22. Test Up & Go: el sujeto evaluado se levanta, rodea el cono y vuelve a sentarse en la silla

4.- Test de marcha 6 minutos (TM6´): Evalúa la resistencia aeróbica de los AM. Antes de comenzar la prueba se preparó un circuito de 30 metros de distancia (Figura 23).

A la señal del evaluador, el AM debe caminar tan rápido como le sea posible durante 6 minutos siguiendo el trayecto marcado cada 3 metros para facilitar el registro de la distancia con mayor exactitud. En los extremos del pasillo se instalaron conos para señalar el lugar en que los AM deben dar la vuelta, rodeando los conos.

Para que puedan regular su ritmo de marcha, se avisa a los AM del paso del tiempo cuando quedan 2 y 1 minuto para finalizar el test. Cuando la prueba alcanza los 6 minutos el AM debe detenerse para que el evaluador marque la distancia recorrida, si bien, tras esto se permite continuar con una marcha pausada y así, no finalizar la prueba de manera abrupta.

Variables fisiológicas controladas durante y posterior al test: durante el test se registraron la frecuencia cardiaca con un telémetro de pulso (Polar® modelo RS800CX).

El transmisor Polar WearLink fue ubicado en el tórax del participante, bajo los músculos pectorales, según instrucciones del fabricante.

Puntuación: la puntuación se recogerá cuando todos los participantes hayan finalizado la prueba. Cada palillo o marca en la hoja de registro representa una vuelta (60 m). Para calcular la distancia total recorrida se multiplicó el número de vueltas por 60 m. y se sumó, los metros adicionales.

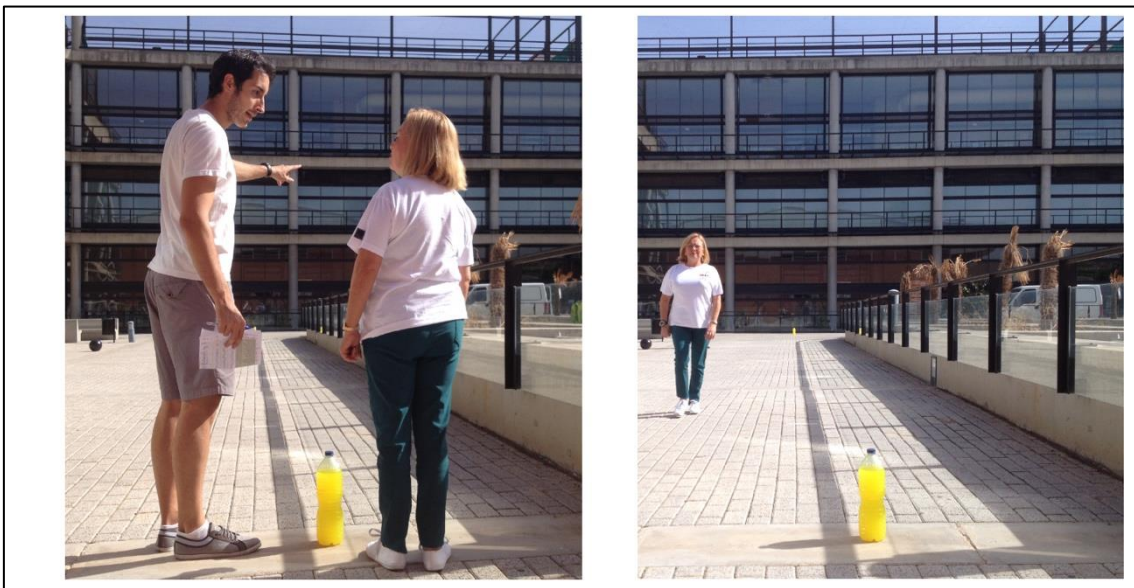


Figura 23. Test de marcha 6 minutos

4.4.5. Fuerza isométrica

Para registrar la fuerza máxima isométrica de las extremidades superiores, las extremidades inferiores y el tronco, se evaluó la máxima contracción voluntaria isométrica en tres condiciones diferentes: remo vertical, prensa horizontal de piernas y extensión de tronco. Uno de los métodos más fiables y precisos para la valoración de la fuerza isométrica, es mediante el uso de células de carga (Brown & Weir, 2001; Cerda, 2018; Steeves et al., 2019).

Para la evaluación de estas pruebas se utilizó una célula de carga resistiva en forma de “S” para tracción o compresión modelo Lahti TB5 (Lahti Precision, Oy., Lahti, Finlandia) con un rango de medida de 0.08 kg hasta 500 kg y una sensibilidad de 2mV/. A su vez, para recibir la señal de estas pruebas y transformarlas en valores cuantitativos, se utilizó, junto con la célula, el acondicionador de señales ME6000P8 (Mega Electronics, Ltd., Kuopio, Finlandia) al cual se acopla el sensor de fuerza. Por medio del software MegaWin™ se registraron las señales a tiempo real por ordenador. Los instrumentos de evaluación pueden verse en la figura 24.



Figura 24. Elementos del acondicionador de señales - De izquierda a derecha: acondicionador de señales ME6000P8, software MegaWin™ y célula de carga resistiva tipo “S” modelo Lahti TB5

Las especificaciones técnicas del acondicionador de señales ME6000P8 se ven reflejadas en la tabla 4.

Tabla 4. Especificaciones técnicas del acondicionador de señales ME6000P8

Característica	Valor
Canales	8 canales
Frecuencia de muestreo	De 1000 a 10.000 Hz
Memoria	2GB
Alimentación	4 Pilas x 1,5V AA alcalinas
Dimensiones	181 x 85 x 35 mm
Peso	Peso
Software	MegaWin
Filtro	8 – 500 Hz (puntos 3dB)
Pantalla	LCD
Resolución	14 bits

Hz: hertzios; Gb: gigabites; V: voltios; AA: tamaño de la pila; mm: milímetros; gr: gramos; LCD: Liquid Crystal Display

Para poder imprimir la fuerza isométrica a la célula de carga en cada uno de los ejercicios, esta se ancló por medio de cadenas metálicas y mosquetones a las diferentes estructuras donde se realizarían dichas pruebas, a su vez, se utilizó un tensor de anilla y gancho para precisar la longitud de la cadena (con el fin de que los participantes no deformaran el ángulo establecido) con la ayuda de un goniómetro de 36 cm Baseline® en cada medida (figura 25).

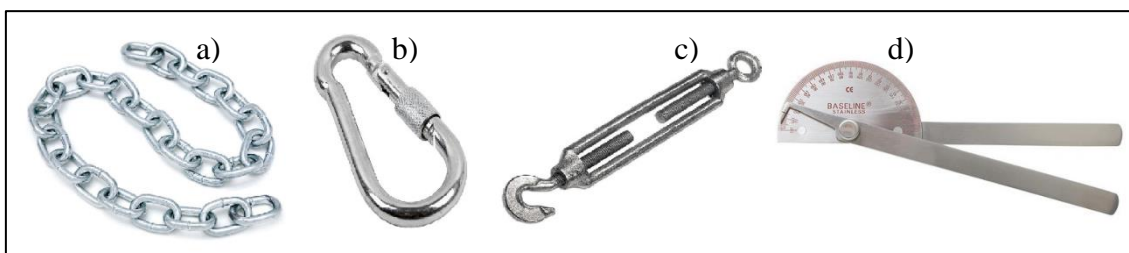


Figura 25. Instrumentos de anclaje - a. cadena metálica; b. mosquetón metálico; c. tensor de anilla y gancho; d. goniómetro Baseline®

Para la ejecución de la prueba de remo vertical, la célula de carga se ancló a la base de sustentación de un banco romano de dimensiones 20 alto x 40 ancho x 50 largo. La prensa de piernas por su parte, se llevó a cabo mediante el uso de una prensa horizontal con asiento y respaldo modelo AM319S (F&H Fitness Equipaments S.L.Villareal,

Castellón, España) cuyas dimensiones eran 205 alto x 55 ancho x 250 largo. Finalmente, en la prueba de extensión de tronco se utilizaron un banco reclinable y ajustable modelo P251AM (F&H Fitness Equipaments S.L.Villareal, Castellón, España) cuyas dimensiones eran 47 alto x 43 ancho x 120 de largo donde permanecían los participantes en posición de sedestación; una cuña rectangular de foam para limitar la extensión de las caderas a la hora de realizar la extensión de tronco; una cuña de madera rectangular para limitar la fuerza realizada con las piernas contra el suelo, evitando así un resultado erróneo en esta prueba; y un cinturón de culturismo el cual servía de punto de apoyo para realizar la fuerza así como de punto de anclaje de la célula de carga.

Las evaluaciones de la fuerza máxima voluntaria isométrica (FMVI) se realizaron posteriormente a la batería de Rikli y Jones, ya que estas, además de proporcionar los resultados de la capacidad funcional, cumplieron a su vez la función de calentamiento. Todas ellas fueron evaluadas por el mismo examinador tanto en la medida pre, como en el post-test.

Las tres pruebas de fuerza isométrica fueron registradas por el mismo examinador, quien a su vez se encargó de explicar y ejemplificar el movimiento, así como también de colocar a los participantes en la posición adecuada con los nudos articulares participantes en el ángulo correcto. Durante cada repetición, los sujetos aumentaron gradualmente la fuerza con el fin de evitar movimientos bruscos o peligrosos, a la vez que se les animó verbalmente a imprimir la mayor cantidad de fuerza posible.

Se registraron 2 repeticiones de 5 segundos de FMVI en cada ejercicio con descansos de 2 minutos entre repeticiones. De esta manera, se registró la fuerza de tracción que las MM ejercieron sobre el captador de transductores extensiométricos de la célula de carga, permitiendo obtener la curva fuerza-tiempo, siendo su posterior análisis

realizado por medio del programa Matlab 7.0 (Mathworks Inc., Natick, MA, EE.UU.). De los 5 segundos de contracción máxima que duró cada prueba isométrica, se promedió para su posterior análisis, del segundo 2 al 3, considerándose de este modo indicador de la contracción voluntaria máxima isométrica, la media del segundo central, en el mejor de los dos intentos realizados (Figura 26). Debido a la inexperiencia y desconocimiento de los sujetos a la hora de realizar las pruebas, se consideró este método como más efectivo ante la el de escoger el punto máximo de fuerza y permitir la posibilidad de desvirtuar los resultados (Colado et al., 2010).

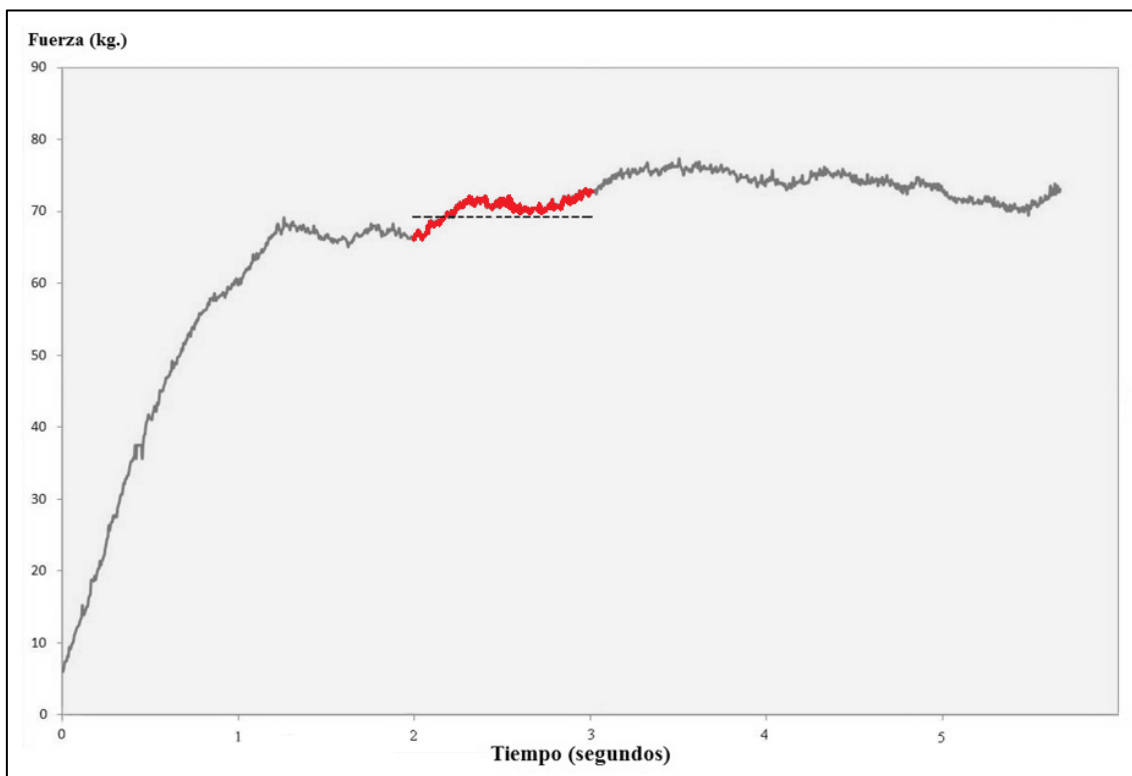


Figura 26. Curva representativa de la fuerza isométrica lograda durante el remo vertical. La línea gris representa la señal registrada durante los 5 segundos de contracción. La línea roja muestra el segundo central analizado.

A continuación, se detallan cada una de las pruebas en el orden en que se estipuló su ejecución:

1.- Remo vertical (RV): A través de este test se evalúa la FMVI de los miembros superiores gracias a la cuantificación de la fuerza ejercida por el sujeto al traccionar de la célula de carga (Shephard, 1998; Smith & Loschner, 2002). El ejercicio se realizó sobre la base de sustentación de un banco romano. Todos los participantes se colocaron en bipedestación con las rodillas ligeramente flexionadas para evitar bloqueos de ningún tipo. Se les proporcionó un agarre de tríceps con forma de “v” el cual pesaba 2.5 kilogramos y estaba unido a una cadena anclada a la plataforma, mientras que la célula de carga se colocó entre la cadena y la plataforma (Figura 27). Las MM situaron el agarre a la altura de la apófisis xifoides, y se les pidió que flexionaran los brazos mediante una abducción de hombros formando un ángulo de 60° en el plano frontal y en el plano escapular (30° anterior al plano frontal) el cual se ajustó a cada uno utilizando un goniómetro de la marca Baseline. Mediante un tensor unido a la célula de carga, se precisó la longitud de la cadena con el fin de que los participantes no deformaran el ángulo al ejecutar la flexión.

Puntuación: A la señal, las MM debían realizar una tracción máxima progresiva y prolongada durante 5 segundos elevando el agarre hacia el mentón, sin desplazarse de su eje.

Observaciones: El examinador procuró la correcta higiene postural, así como también alentó a las participantes a realizar la mayor fuerza posible.

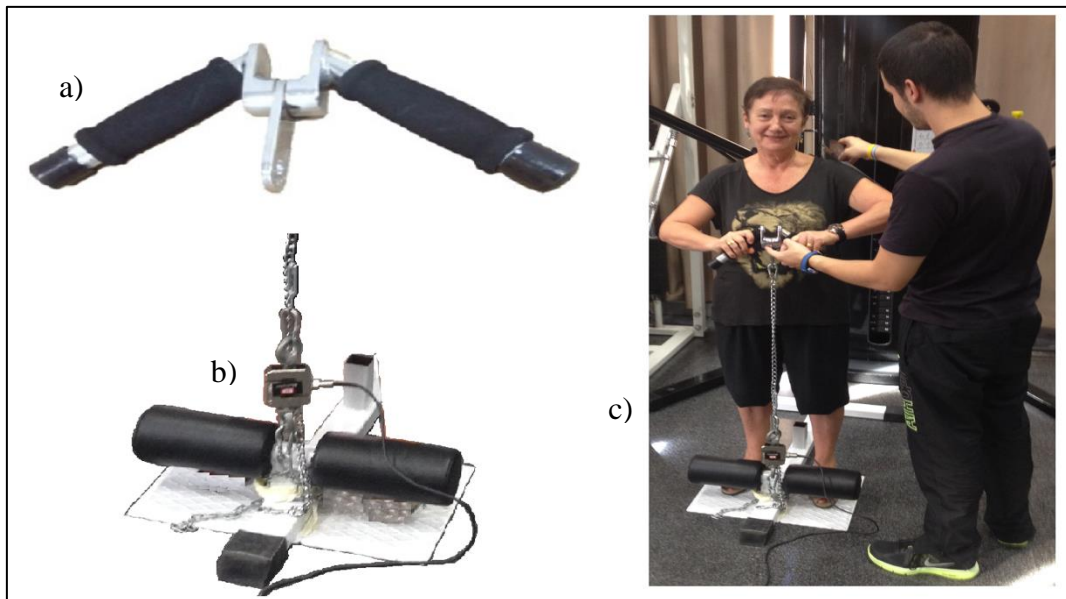


Figura 27. Test RV - a. agarre de tríceps de 2.5 kg.; b. célula de carga anclada a la base metálica; c. comprobación ángulos de ejecución y realización de la prueba test de remo vertical

2.- Prensa de piernas (PSA): a través de este test se evalúa la FMVI de los miembros inferiores gracias a la cuantificación de la fuerza ejercida por el sujeto al traccionar de la célula de carga (Dugan, Doyle, Humphries, Hasson, & Newton, 2004). El protocolo escogido para la evaluación de esta prueba ha sido descrito previamente en la literatura (Dopsaj & Ivanović, 2011; Ivanović, Dopsaj, & Nešić, 2011; Ivanović & Dopsaj, 2013). El ejercicio se realizó situándose el participante sobre la prensa horizontal, con la espalda firmemente apoyada sobre el respaldo y los pies situados al ancho de los hombros a media altura de la plataforma de apoyo podal. El examinador aseguró un ángulo tibio-femoral de 135° en cada sujeto recolocando adecuadamente la posición del respaldo con ayuda del goniómetro. La célula de carga se ancló sujeta por un extremo al apoyo podal y por el otro al asiento utilizando cadenas de modo que cuando el sujeto se hallaba en la posición correcta, se pedía que se realizase un movimiento de presión previo al inicio del registro para tensar los anclajes (Figura 28).

Puntuación: A la señal, las MM debían realizar una tracción máxima progresiva y prolongada durante 5 segundos en dirección caudal contra la plataforma donde se apoyaban los pies, sin desplazarse de su eje.

Observaciones: En todo momento el sujeto debía de mantener la mirada al frente y las manos sujetas a los agarres laterales del asiento. El examinador procuró la correcta higiene postural, así como también alentó a las participantes a realizar la mayor fuerza posible.



Figura 28. Test PSA - a. ejecución y realización de la prueba test de la prensa de piernas; b. máquina prensa de piernas; c. célula de carga anclada al apoyo podal

3.- Extensión de tronco (ET): Este test permite evaluar la FIMV de la musculatura extensora de la espalda gracias a la cuantificación de fuerza ejercida por el sujeto al traccionar de la célula de carga. El ejercicio se realizó en posición de sedestación sobre un banco con respaldo, el cual, se ubica frente a un punto fijo donde se encuentra anclada la célula de carga mediante una cadena. El participante debe mantener erguida la espalda, mientras se le coloca una cuña de foam entre el respaldo del banco y la zona lumbar de su espalda. A su vez, con el fin de limitar la activación muscular de las extremidades inferiores durante la ejecución del ejercicio y evitar la adulteración de los resultados, el participante debe situar sus pies sobre la parte inicial de una cuña de madera de 30° de

angulación, con las rodillas en un ángulo femorotibial de 145° , de manera que la presión que ejerciesen sobre el suelo no influyese en la señal registrada (Figura 29). La célula de carga se une mediante el tensor a un cinturón el cual se coloca alrededor del tórax y abrazando las escápulas y articulaciones gleno-humerales del participante, situándolo entre las apófisis espinosas de D3 a D8, de tal manera que la cadena quede situada a la altura de la apófisis xifoide.

Puntuación: A la señal, las MM debían realizar una tracción máxima progresiva y prolongada durante 5 segundos en dirección opuesta al punto fijo donde se encuentra anclada la célula de carga.

Observaciones: En todo momento el sujeto debía de mantener la mirada al frente y los brazos cruzados frente a su pecho. El examinador procuró la correcta higiene postural, así como también alentó a las participantes a realizar la mayor fuerza posible.

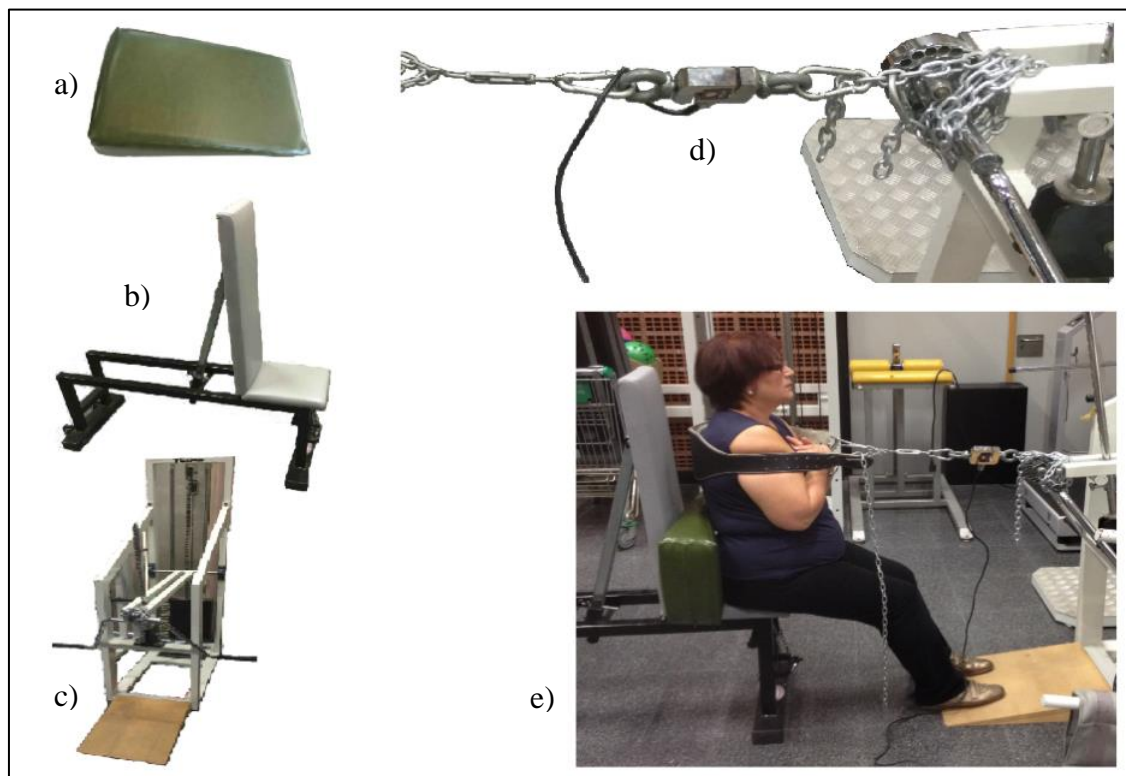


Figura 29. Test ET - a. cuña de foam; b. banco; c. punto fijo y cuña de madera; d. célula de carga anclada al punto fijo; e. ejecución y realización de la prueba extensión de tronco

4.4.6. Fuerza isocinética

Por medio de un dinamómetro isocinético (Biodex Medical Multi-Joint System 3, Biodex Medical System, Shirley, Nueva York) equipado con el software Advantage (Biodex Systema 3 Advantage, versión 3.2) (Figura 30) se registró la fuerza isocinética de los músculos abductores, los cuádriceps y los hombros. Este dispositivo es un instrumento ampliamente utilizado para la evaluación y rehabilitación del sistema osteomuscular, además de ser altamente fiable para evaluar las variables seleccionadas para el presente estudio (Drouin, Valovich-mcLeod, Shultz, Gansneder, & Perrin, 2004; Van Driessche, Van Roie, Vanwanseele, & Delecluse, 2018; Zawadzki, Bober, & Siemiński, 2010). A su vez, la dinamometría isocinética representa actualmente uno de los métodos más objetivos de cuantificación de la fuerza muscular humana en condiciones dinámicas, habiéndose demostrado en numerosas publicaciones la fiabilidad, validez y reproducibilidad de las variables obtenidas (Feiring, Ellenbecker, & Derscheid, 1990; Wilk, Johnson, & Levine, 1988).

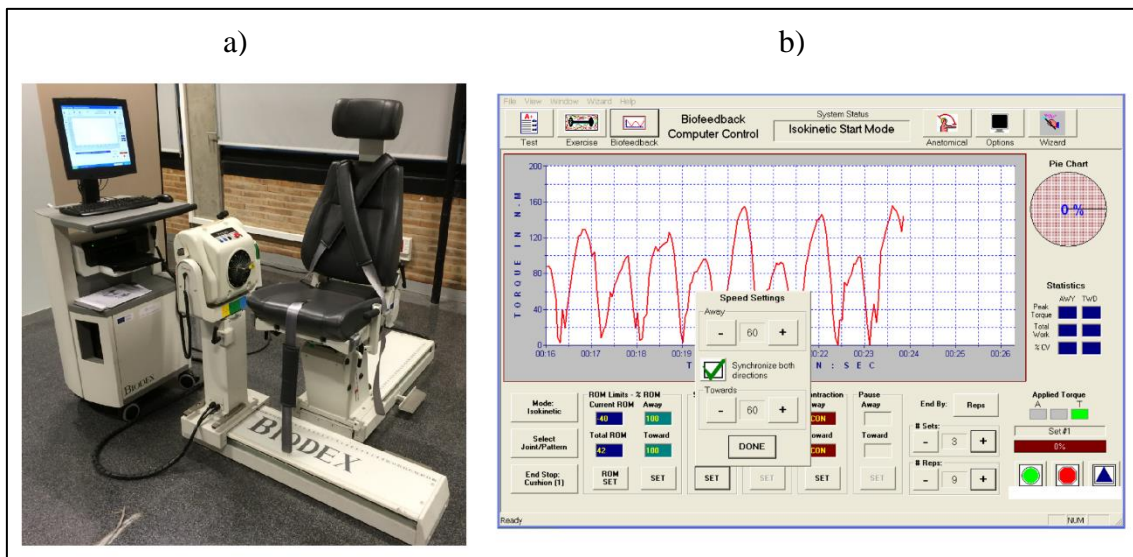


Figura 30. Dispositivo Biodex - a. Multi-Joint System 3 of Biodex; b. Software Biodex Advantage, versión 3.2

Las especificaciones técnicas del sistema isocinético se ven reflejadas en la tabla 5.

Tabla 5. Especificaciones técnicas del sistema isocinético

Característica	Valor
Microprocesador	Ordenador Pentium 4 con pantalla táctil, 80GB de disco duro, 512 Mb de RAM y con un sistema operativo Windows TM XP
Software	Biodex Advantage System 4 Pro Spn Biodex Medical Systems Inc., Shirley, New York, USA desde el cual se configuran todos los parámetros empleados en la evaluación
Modo de operaciones múltiples	Posibilidad de medir la contracción isocinética, isotónica, isométrica, excéntrica reactiva y la pasiva <ul style="list-style-type: none"> • Velocidad en concéntrico de hasta 500°/s • Velocidad en excéntrico de hasta 33°/s • Capacidad de registro del momento en el movimiento concéntrico de 680 N.m • Capacidad de registro del momento en el movimiento excéntrico de 44 N.m
Adaptadores para el hombro y codo	Permiten fijar la correcta posición del miembro superior de modo que las medidas sean repetibles, tanto dentro de un mismo sujeto como entre sujetos
Kit de calibración	Para ajustar el sistema isocinético diariamente, antes del inicio de las sesiones de medición
Fiabilidad del sistema	El coeficiente de correlación intraclase para rotadores externos e internos y abductores y aductores varía desde 0.69 a 0.92 (146)

Mb: megabytes; S: segundos; N.m: Newtons por metro

Previamente a la ejecución de cada prueba, se realizó un calibrado del dispositivo de acuerdo a las instrucciones del fabricante (Lord, Aitken, McCrory, & Bernauer, 1992). Con el fin de prepararse para el esfuerzo físico que se iba a realizar, evitar así lesiones y mejorar su rendimiento, todos los sujetos realizaron un protocolo de calentamiento antes de comenzar la evaluación.

Para la evaluación, se creó un protocolo a realizar a dos velocidades isocinéticas distintas. Por un lado, a 60°/s ya que es considerada la velocidad óptima para la medición de la fuerza máxima (Boling, Padua, & Creighton, 2009; Dvir, 1995; Kakebeeke, Lechner, & Handschin, 2005). Y por otro lado a 180°/s debido a criterios más funcionales, ya que esta velocidad se relaciona con el reclutamiento de fibras del tipo II y con la

capacidad de generar contracciones rápidas (potencia) (Steffl & Stastny, 2020). En tal sentido, (Lighthall-Haubert et al., 2009) postulan que una velocidad de propulsión considerada normal es de 0.92 m/s. Así pues, partiendo de la velocidad lineal, se realizaron los siguientes cálculos para obtener la velocidad angular contando con un radio estándar de rueda de 30 cm y los 0.92 m/s de velocidad:

$$\omega: 0.92/0.3 = 3.09 \text{ rad/s}$$

$$3.09 \text{ rad/s} = 177^\circ/\text{s}$$

La cifra resultante fue de 177°/s, lo que motivó a la elección de 180°/s como segunda velocidad utilizada para el registro de la fuerza isocinética, ya que es la más próxima que permite el dispositivo Biodex.

Se registró el pico máximo de torsión (*peak torque*), también llamado pico del par, o momento máximo, que es un parámetro que corresponde al módulo del momento angular específico más elevado del ejercicio isocinético, el cual se mide en Newtons por metro (N.m). El mismo investigador, con un examinador de referencia que asistió para monitorear el estricto cumplimiento del protocolo, supervisó cada prueba.

Los procedimientos de prueba cumplieron con los criterios de reproducibilidad (es decir, ejes de movimiento, posicionamiento del sujeto, posicionamiento de articulaciones proximales y accesorios y correas estabilizadoras), ajustando las posiciones del dinamómetro y el asiento para cada movimiento de prueba según la antropometría de cada sujeto.

A continuación, se detallan cada una de las pruebas en el orden en que se estipuló su ejecución:

1.- Abducción-adducción de cadera

Se calibró el dinamómetro antes de cada registro. Los sujetos fueron evaluados en posición de bipedestación, con la cadera flexionada a 5° aproximadamente en la pierna de estudio. Situados frente al dinamómetro con el eje de rotación de la articulación de la cadera alineado con el eje de rotación del dinamómetro en el plano frontal. El eje de rotación de la articulación de la cadera se definió como la intersección de una línea imaginaria dirigida inferiormente desde la espina ilíaca superior anterior hacia abajo en la línea media del muslo, y una segunda línea imaginaria dirigida medialmente desde el trocánter mayor del fémur hacia la línea medial del cuerpo. Se colocó el brazo de fijación del dinamómetro sobre el tercio medio del lateral del muslo y se aplicó una almohadilla de resistencia al mismo nivel (Sugimoto, Mattacola, Mullineaux, Palmer, & Hewett, 2014) Se estableció un rango de movimiento articular de 0° a 45°. Para evitar compensaciones sinérgicas los sujetos se asieron firmemente a la parte superior del dinamómetro con las dos manos (Figura 31). Previamente al estudio, se realizó un precalentamiento muscular con el mismo dinamómetro mediante esfuerzos submáximos a la vez que el sujeto se familiarizaba con el sistema y por último se realizó la corrección del efecto de la gravedad, requisito imprescindible para tener en cuenta la suma de los momentos producidos en la pierna en cada uno de los movimientos, restando en el caso del movimiento a favor de la gravedad, el momento generado por el peso de la pierna y sumándolo en el caso de la rotación contra la gravedad (Dvir, 1995; Kannus, 1994). Debido a esto, fue preciso pesar el miembro inferior en cada una de las evaluaciones.

Puntuación: Para familiarizarse con el gesto técnico del ejercicio, cada sujeto realizó un calentamiento estandarizado consistente en la realización del nº considerado necesario de repeticiones en cada una de las dos velocidades (60° y 180°) y acciones musculares seleccionadas para el estudio (Brown & Weir, 2001). Posteriormente, se

inició la valoración, en la cual el evaluado realizó cinco abducciones y adducciones de cadera máximas concéntricas contra el brazo de palanca del equipo, cerciorándose de abarcar todo el rango de recorrido articular establecido, a una velocidad de 180° primero, y a una velocidad de 60° tras 60 segundos de descanso. La medición se realizó siempre en la pierna dominante. Únicamente los resultados de la abducción entraron en el análisis final.

Observaciones: Mientras los sujetos realizaban las pruebas, se les dio un estímulo verbal constante y estandarizado para producir esfuerzos máximos durante los cinco ciclos de la fase de prueba real.

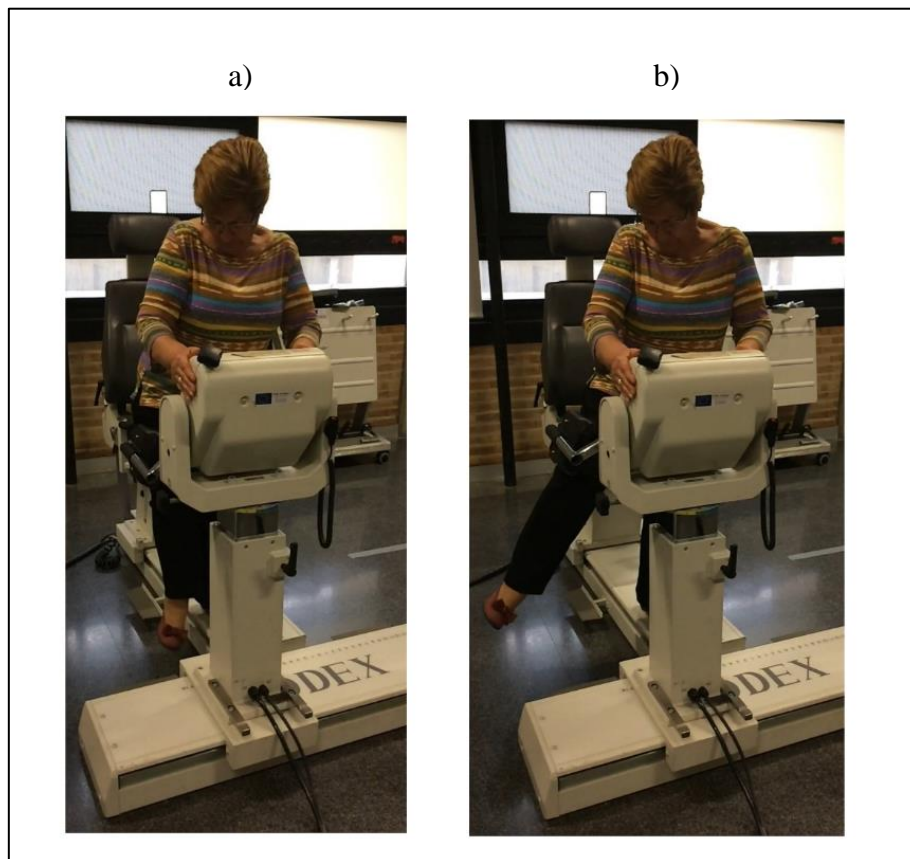


Figura 31. Test abducción-adducción de cadera - a. abducción-adducción de cadera fase inicial; b. abducción-adducción de cadera fase final

2.- Flexo-extensión de rodilla

Se calibró el dinamómetro antes de cada estudio. Para favorecer una óptima fiabilidad de los resultados durante la medición, se respetó un riguroso protocolo que ha sido ampliamente descrito en la literatura (Jordan, Aagaard, & Herzog, 2015; Otten, Whiteley, & Mitchell, 2013; Ozçakar et al., 2003; Saenz et al., 2010). Se colocó al sujeto sentado con la espalda apoyada en el respaldo, y un ángulo de inclinación de la pelvis de 110°. Se efectuó la alineación del eje de rotación articular de la rodilla de 0° a 90°, determinado mediante la palpación de la cara externa del cóndilo lateral femoral, con el eje del dinamómetro. Se alineó el eje longitudinal de la pierna con el brazo de palanca, situando la resistencia del sistema en el tercio distal de la pierna inmediatamente por encima del maléolo tibial (Figura 32). Para evitar compensaciones sinérgicas se inmovilizó al sujeto con correas en región pectoral y pélvica y tercio distal del muslo. Previamente al estudio, se realizó un precalentamiento muscular con el mismo dinamómetro mediante esfuerzos submáximos a la vez que el sujeto se familiarizaba con el sistema y por último se realizó la corrección del efecto de la gravedad, requisito imprescindible para tener en cuenta la suma de los momentos producidos en la pierna en cada uno de los movimientos, restando en el caso del movimiento a favor de la gravedad, el momento generado por el peso de la pierna y sumándolo en el caso de la rotación contra la gravedad (Dvir, 1995; Kannus, 1994). Debido a esto, fue preciso pesar el miembro inferior en cada una de las evaluaciones.

Puntuación: Para familiarizarse con el gesto técnico del ejercicio, cada sujeto realizó un calentamiento estandarizado consistente en la realización del nº considerado necesario de repeticiones en cada una de las dos velocidades (60° y 180°) y acciones musculares seleccionadas para el estudio (Brown & Weir, 2001). Posteriormente, se inició la valoración, en la cual el evaluado realizó cinco flexo-extensiones de rodilla

máximas concéntricas contra el brazo de palanca del equipo, cerciorándose de abarcar todo el rango de recorrido articular establecido, a una velocidad de 180° primero, y a una velocidad de 60° tras 60 segundos de descanso. La medición se realizó siempre en la pierna dominante. Únicamente los resultados de la extensión entraron en el análisis final.

Observaciones: Mientras los sujetos realizaban las pruebas, se les dio un estímulo verbal constante y estandarizado para producir esfuerzos máximos durante los cinco ciclos de la fase de prueba real.

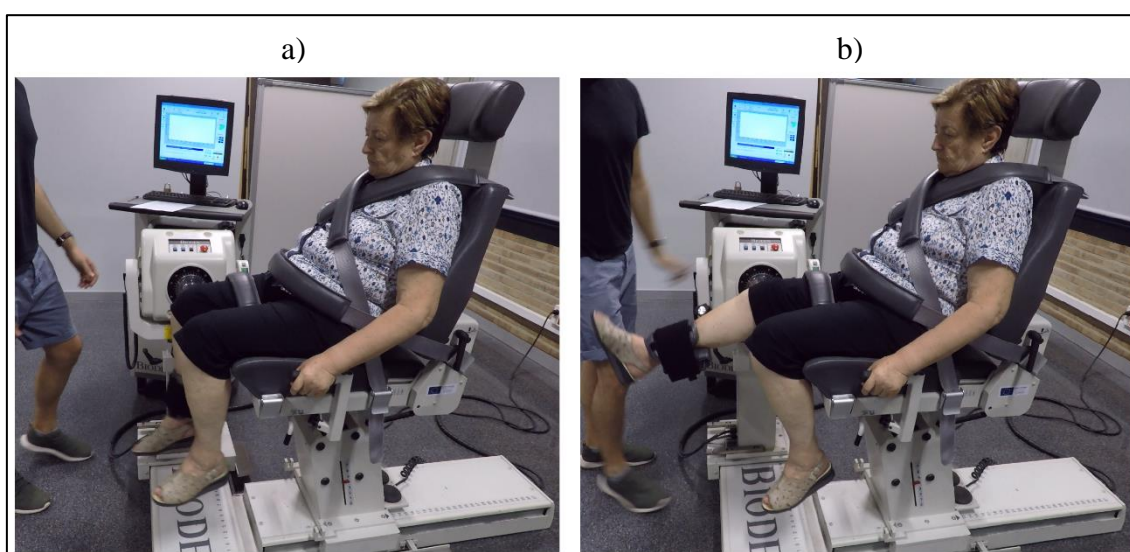


Figura 32. Test flexo-extensión de rodilla - a. flexo-extensión de rodilla fase inicial; b. flexo-extensión de rodilla fase final

3.- Flexo-extensión de hombro

Se calibró el dinamómetro antes de cada estudio. Siguiendo las recomendaciones del manual de instrucciones del Biodex System 3, se colocó al sujeto sentado con una inclinación de 75° . Se efectuó la alineación del eje de rotación articular del hombro a 90° , determinado mediante la palpación húmero glenoidal, con el eje del dinamómetro. Se alineó el eje longitudinal del brazo con el brazo de palanca, situando la resistencia del sistema en un punto 2-3 cm por debajo del labio inferior del arco acromial (Dvir, 1995). Para evitar compensaciones sinérgicas se inmovilizó al sujeto con correas en región

pectoral y pélvica y tercio distal del muslo (Gleeson & Mercer, 1996; Wilk, Andrews, & Arrigo, 1995). Previamente al estudio, se realizó un precalentamiento muscular con el mismo dinamómetro mediante esfuerzos submáximos a la vez que el sujeto se familiarizaba con el sistema y por último se realizó la corrección del efecto de la gravedad (Figura 33), requisito imprescindible para tener en cuenta la suma de los momentos producidos en el brazo en cada uno de los movimientos, restando en el caso del movimiento a favor de la gravedad, el momento generado por el peso del brazo y sumándolo en el caso de la rotación contra la gravedad (Dvir, 1995; Kannus, 1994). Debido a esto, fue preciso pesar el miembro superior en cada una de las evaluaciones.

Puntuación: Para familiarizarse con el gesto técnico del ejercicio, cada sujeto realizó un calentamiento estandarizado consistente en la realización del n° considerado necesario de repeticiones en cada una de las dos velocidades (60° y 180°) y acciones musculares seleccionadas para el estudio (Brown & Weir, 2001). Posteriormente, se inició la valoración, en la cual el evaluado realizó cinco flexo-extensiones de hombro máximas concéntricas contra el brazo de palanca del equipo, cerciorándose de abarcar todo el rango de recorrido articular establecido, a una velocidad de 180° primero, y a una velocidad de 60° tras 60 segundos de descanso. La medición se realizó siempre en brazo dominante. Únicamente los resultados de la flexión entraron en el análisis final.

Observaciones: Mientras los sujetos realizaban las pruebas, se les dio un estímulo verbal constante y estandarizado para producir esfuerzos máximos durante los cinco ciclos de la fase de prueba real.

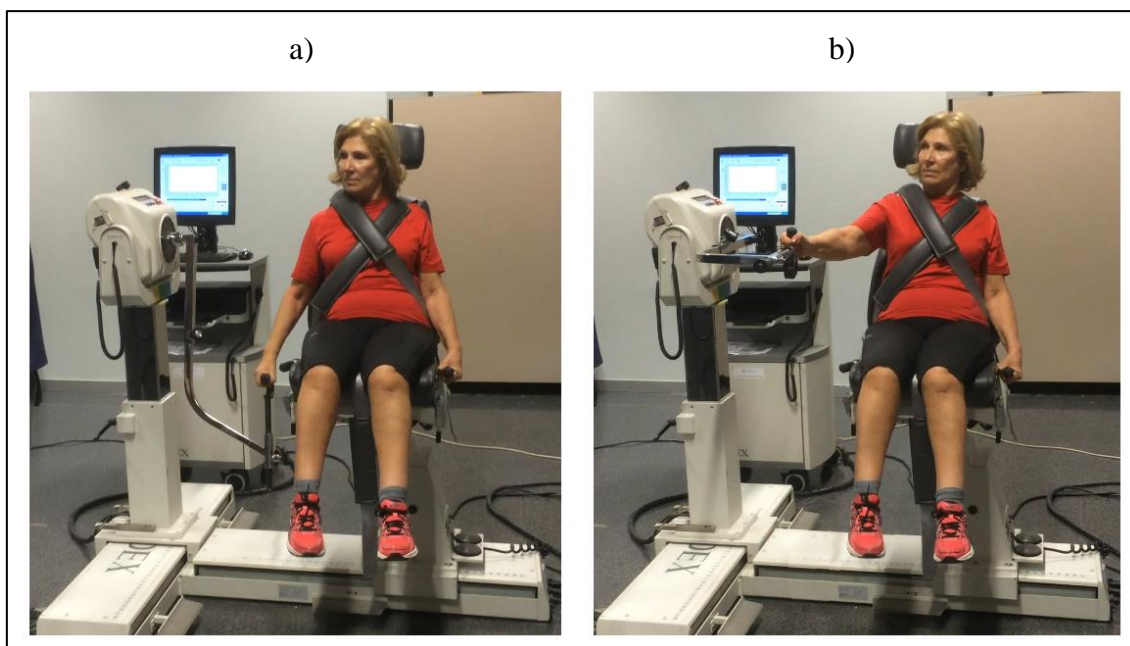


Figura 33. Test flexo-extensión de hombro - a. flexo-extensión de hombro fase inicial; b. flexo-extensión de hombro fase final

4.4.7. Bienestar físico, psicológico y social

Para evaluar la percepción de bienestar de las MM, se les solicitó que rellenaran el cuestionario de salud SF-36 tanto al inicio como al final del estudio para evaluar los cambios producidos a raíz del entrenamiento (Anexo 4).

Este cuestionario es el más usado en la bibliografía internacional y traducida a la versión española por Alonso, Prieto, & Antó (1995). Su objetivo es medir la calidad de vida relacionada con la salud para comparar la carga de muy diversas enfermedades, detectar los beneficios en la salud producidos por un amplio rango de tratamientos diferentes y valorar el estado de salud de pacientes individuales (Vilagut et al., 2005).

El instrumento consta de 36 preguntas repartidas en 8 dimensiones del estado de salud: función física; función social; limitaciones del rol: de problemas físicos; limitaciones del rol: problemas emocionales; salud mental; vitalidad; dolor y percepción de la salud general. A su vez, incluye un ítem que evalúa el cambio global en la percepción del estado de salud actual respecto al año anterior, conocida también como pregunta del

Estado de Transición (ET). Estos ítems y el resumen de sus contenidos pueden verse en la Tabla 6.

Para cada dimensión, los ítems son codificados y transformados usando el método de escalamiento de Likert (Likert, 1932) a una puntuación del 0 (que es el peor estado de salud) al 100 (el mejor estado de salud) (Vilagut et al., 2008).

Tabla 6. Contenidos del cuestionario de salud percibida SF-36

ESCALA	RESUMEN DEL CONTENIDO	Nº DE PREGUNTAS O ÍTEMS
Función física	Grado en que la salud limita las actividades físicas tales como el autocuidado, caminar, subir escaleras, inclinarse, coger o llevar pesos y los esfuerzos moderados e intensos.	10
Rol físico	Grado en que la salud física interfiere en el trabajo y otras actividades diarias, incluyendo rendimiento menor que el deseado, limitación en el tipo de actividades realizadas o dificultad en la realización de actividades.	4
Dolor corporal	Intensidad del dolor y su efecto en el trabajo habitual, tanto fuera de casa como en el hogar.	2
Salud general	Valoración personal de la salud, que incluye la salud actual, las perspectivas de salud en el futuro y la resistencia a enfermar.	5
Vitalidad	Sentimiento de energía y vitalidad, frente al sentimiento de cansancio y agotamiento.	4
Función social	Grado en que los problemas de salud física o emocional interfieren en la vida social habitual.	2
Rol emocional	Grado en que los problemas emocionales interfieren en el trabajo u otras actividades diarias.	3
Salud mental	Salud mental general, incluyendo depresión, ansiedad, control de la conducta o bienestar general.	5
Evolución de la salud	Valoración de la salud actual comparada con la de un año atrás.	1

Fuente: García, Santibáñez, & Soriano, (2004).

La elaboración del cuestionario supuso la última de las pruebas de evaluación de los participantes del estudio. Se realizaron en una sala amplia en ausencia de ruidos o elementos que pudieran favorecer la desconcentración. Los sujetos con problemas de vista o escritura recibieron la ayuda de un asistente para rellenar el cuestionario.

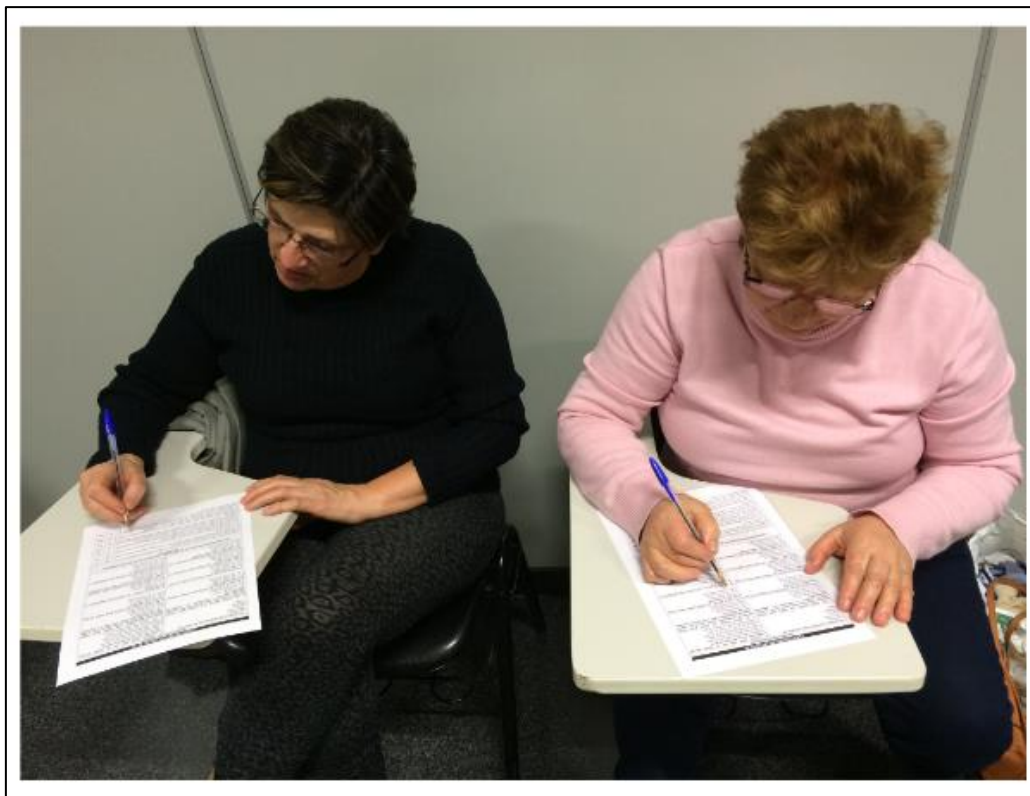


Figura 34. Participantes del estudio realizando el cuestionario SF-36

4.5. Procedimiento de la intervención experimental

A continuación, se procederá a la explicación detallada de los aspectos, el equipamiento y los diferentes protocolos que se han utilizado para el óptimo desarrollo del estudio.

4.5.1. Aspectos generales del programa de entrenamiento

Una vez finalizado el proceso de reclutamiento de participantes para el estudio, y las evaluaciones basales del mismo, se formaron de manera aleatorizada dos grupos de AM en cada grupo de estudio. De esta manera, se creó el GT, el cual recibió un protocolo de entrenamiento utilizando material elástico (tubos elásticos de diferente resistencia a la deformación) y que contaría con 27 participantes. Un segundo grupo, el GA que recibió un protocolo de entrenamiento similar, pero en el medio acuático (utilizando discos para miembros superiores y tobilleras para los miembros inferiores), y que contó con 26 participantes. Y un tercer grupo que haría la función de control, habiendo recibido las

pautas de no realizar actividad física, y que contaría con 31 participantes (ver figura 8. Diagrama de flujo).

El GT realizó el entrenamiento en una sala multiusos habilitada en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y Deporte y Fisioterapia (Figura 35). Dicha sala era amplia y estaba equipada con sistema de aire acondicionado y calefacción de manera que la temperatura estuvo regulada a 22°C, permitiéndose cada 15 minutos pequeñas pausas para hidratarse.

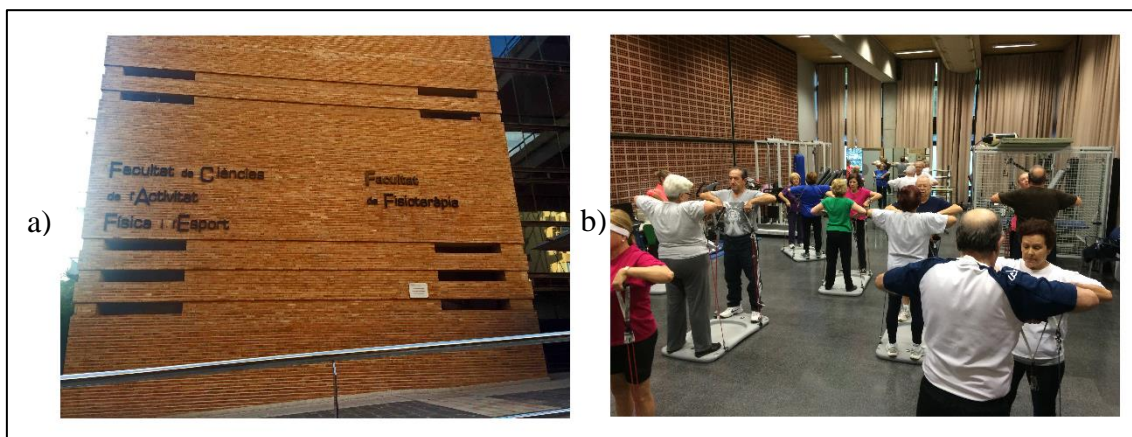


Figura 35. Espacio de entrenamiento del grupo experimental con tubos elásticos - a. facultad de ciencias de la actividad física y el deporte; b. sala multiusos durante una de las sesiones

Por su parte, el GA realizó su entrenamiento en la “Piscina Font de Sant Lluís”, ubicada junto al “Pabellón Fuente de San Luis”, haciendo uso de la piscina de enseñanza cuya temperatura estaba regulada a 28°C (Figura 36). Las sesiones de entrenamiento nunca excedieron los 60 minutos y fueron dirigidas siempre por el mismo instructor, contando con la ayuda de un monitor de referencia, el cual, además de su apoyo, también aseguraba concurrentemente la correcta ejecución e higiene postural de los AM durante los entrenamientos, así como el control del protocolo de intervención mediante una lista de chequeo (Ver anexo 5). Adicionalmente, al finalizar cada sesión se realizaron las correcciones que se consideraron oportunas a los participantes mediante una retroalimentación.

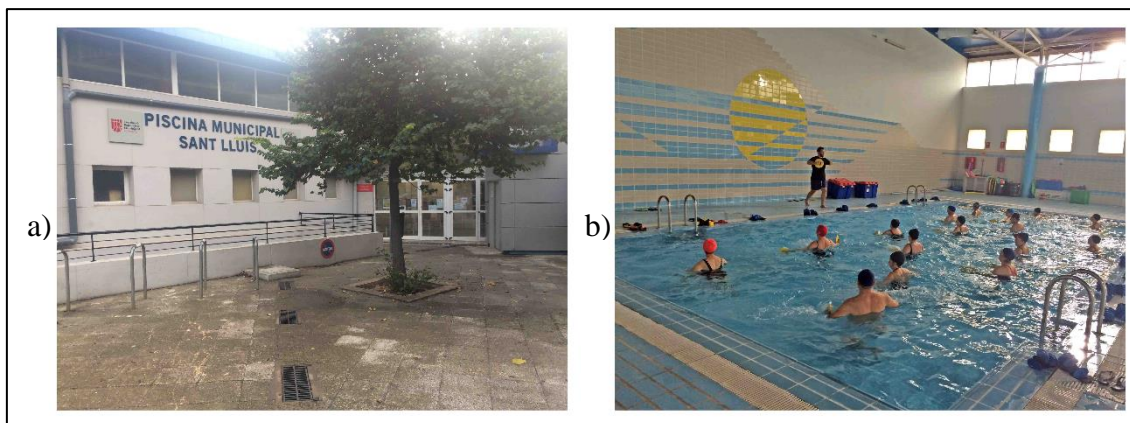


Figura 36. Espacio de entrenamiento del grupo de medio acuático - a. piscina municipal Font de Sant Lluís; b. piscina de enseñanza durante una de las sesiones

Por otro lado, la asistencia de los AM a las sesiones de entrenamiento, el rendimiento de estos durante las sesiones, la intensidad del entrenamiento, el estado de los materiales, las condiciones del espacio donde se realiza cada intervención y la adherencia al programa fueron controlados por el instructor, previo a cada sesión de ejercicio.

Para el entrenamiento con material elástico, se indicó a los participantes que debían llevar ropa y calzado cómodo, asistir al entrenamiento con una botella de agua para evitar deshidratarse y una toalla para poder secar el sudor fruto del ejercicio físico. En el caso del entrenamiento en el medio acuático, se les indicó a los participantes llevar al entrenamiento un gorro de natación, bañador, y chanclas. A los dos grupos se les indicó que no ingirieran bebidas estimulantes o energéticas ni antes ni durante la actividad.

Una semana antes al inicio del entrenamiento de resistencia establecido, los dos grupos experimentales recibieron dos sesiones de familiarización para que los participantes pudieran adaptarse a los ejercicios y asimilar la técnica de cada ejecución, con el fin de evitar posibles lesiones teniendo en cuenta la intensidad de la intervención. El programa tuvo una duración de 32 semanas sin contar la familiarización.

4.5.2. Familiarización al protocolo de intervención

Todos los participantes del estudio fueron sujetos ancianos sin experiencia en lo que se refiere al entrenamiento físico basado en sobrecargas. Esta circunstancia se extiende tanto al entrenamiento utilizando material elástico como al realizado en el medio acuático. Debido a esto, se programaron dos sesiones previas de familiarización con la finalidad de instruir a los AM en el programa que se iba a llevar a cabo, facilitando tanto la asimilación de la técnica (ergonomía, amplitud, respiración, etc.) como el control adecuado de la intensidad en cada uno de los ejercicios. Los aspectos técnicos a considerar fueron extraídos de trabajos previos (Colado, 1996; Colado, 2004; Colado & García-Massó, 2009; Colado & Triplett, 2008; Colado et al., 2009).

Puesto que cada grupo realizó el protocolo de entrenamiento en circunstancias diferentes (elásticos versus medio acuático), los sujetos pudieron contar con estas sesiones de familiarización para aprender del instructor, el control de la intensidad y su posible progresión a lo largo de las 32 semanas que duró el estudio. Esta circunstancia se ajusta al hecho de que los efectos obtenidos tras un entrenamiento de la fuerza dependen en gran medida de la manipulación de los diferentes factores de entrenamiento, como la ya citada intensidad, el volumen, la frecuencia, el descanso y la velocidad de movimiento que, según los objetivos y metas establecidos, variarán a conveniencia (Spreuwenberg et al., 2006; Wolfe, LeMura, & Cole, 2004).

4.5.3. Control de la intensidad y homogenización del entrenamiento

El programa de intervención supervisado constó de dos sesiones semanales de una hora realizadas en días no consecutivos (separados por 48 horas) durante 32 semanas. Tal como lo recomienda el Colegio Americano de Medicina del Deporte, cada sesión de ejercicio se dividió en tres fases: un calentamiento general de 10 minutos, 35 – 40 minutos de ejercicio de fuerza y una vuelta a la calma de 10 minutos.

Ambos grupos experimentales realizaron tres ejercicios para las extremidades superiores y tres ejercicios para las extremidades inferiores. Principalmente se eligieron ejercicios multi-articulares para enfatizar los grupos musculares mayores y menores (Garber et al., 2011). Durante las sesiones, los ejercicios se realizaban en el mismo orden variando entre las extremidades superiores e inferiores manteniendo un carácter progresivo en cuanto al volumen y la intensidad se refiere (Romero-Arenas, Pérez-Gómez, & Alcaraz, 2011).

Debido a que el objetivo principal del estudio fue el de analizar las posibles diferencias entre las adaptaciones producidas en las variables dependientes seleccionadas entre el GT con respecto al GA, se homogeneizó el protocolo de entrenamiento lo máximo posible a pesar de las claras diferencias entre ambos tipos de medios o dispositivos, siguiendo para esto las orientaciones de estudios previos (Borreani et al., 2014; Colado & Triplett, 2008; Colado et al., 2008; Colado and Triplett, 2009; Colado, Triplett, Tella, Saucedo, & Abellán, 2009; Colado et al., 2012; Pinto et al., 2014). Es conocido que los ejercicios terrestres pueden llegar a ser sustituidos por ejercicios acuáticos si las características mecánicas y de intensidad se equiparan (Prado et al., 2016).

Por lo consiguiente, se desarrolló un entrenamiento en el que ambos grupos experimentales trabajaron los mismos grupos musculares con ejercicios y duración por serie similares (40 segundos) y con un mismo carácter del esfuerzo percibido al finalizar cada una de las series de cada ejercicio (Borreani et al., 2014; Colado and Triplett, 2009; Colado et al., 2012; Katsura et al., 2010). Además, en ambos grupos se siguió el mismo orden de ejecución de los ejercicios y el mismo tiempo de descanso entre series (minuto y medio de descanso). De esta forma, el GT realizó 10 repeticiones submáximas (equivalentes de manera aproximada a un 75% de una repetición máxima (1RM)) por ejercicio durante 40 segundos (2 segundos contracción concéntrica y 2 segundos

contracción excéntrica de cada repetición controlado por un metrónomo), mientras que el grupo GA realizó cada repetición a la máxima velocidad posible (sin interrupciones entre ellas) durante los 40 segundos que duraba la serie (Graef et al., 2010; Pantoja et al., 2009; Reichert et al., 2019), debiendo terminar cada una de las series con un carácter del esfuerzo local submáximo que previamente fue definido y asemejado al percibido por el GT al finalizar sus series (Borreani et al., 2014; Colado & Triplett, 2009; Colado et al., 2012; Graef et al., 2010; Katsura et al., 2010). Se eligieron esfuerzos submáximos ya que son psicológica, mecánica y hemodinámicamente más seguros que los esfuerzos máximos o totalmente extenuantes en poblaciones aparentemente sanas, y, además, pueden llegar a generar a medio y largo plazo las mismas adaptaciones neuromusculares (Folland, et al., 2002; Stone, Chandler, Conley, Kramer, & Stone, 1996). En global, y de esta manera particular, a pesar ser medios o dispositivos diferentes, se mantuvieron características de intensidad del esfuerzo, duración del ejercicio e implicación muscular similares en cada una de las series realizadas, pudiéndose llegar a solicitar así las mismas rutas metabólicas (Pantoja et al., 2009).

a) Control de intensidad en el grupo de tubos elásticos

Siguiendo las indicaciones metodológicas de otros estudios similares en muestra y procedimientos (Chupel et al., 2017; Colado et al., 2010; Fritz et al., 2018; Gargallo et al., 2018; Martín et al., 2016), para controlar la intensidad del entrenamiento en el grupo que utilizó material elástico se monitorizó el número de repeticiones (NR), el color, la longitud y el número de tubos elásticos, conjuntamente con la tasa de esfuerzo percibido a través de la escala OMNI-RES para material elástico validada para adultos mayores (Colado et al., 2018) (Figura 37). Los colores de los tubos elásticos empleados fueron rojo (resistencia media), verde (resistencia fuerte) y azul (resistencia extrafuerte), mientras que la longitud de los mismos fue elegida en función de la talla del sujeto.

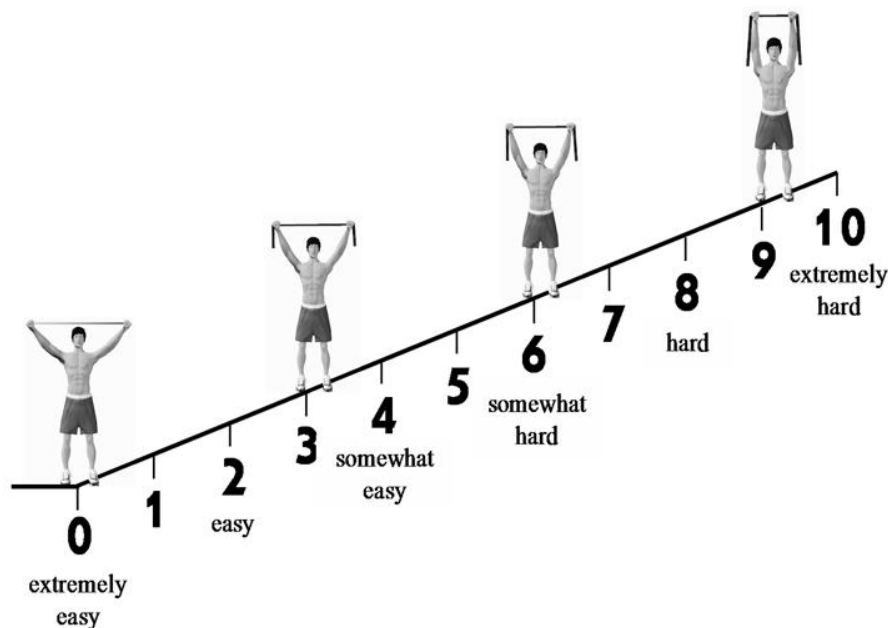


Figura 37. Escala OMNI-RES para bandas elásticas (Colado et al., 2018).

Previamente en las sesiones de familiarización, para facilitar la adaptación con el protocolo para el control de la intensidad para el entrenamiento de la fuerza con los tubos elásticos, en sesiones previas, los AM debieron ajustar el agarre, el color y el número de tubos anclados a la plataforma en función del número de repeticiones establecidos para cada ejercicio, es decir, 10 RM. Para ello, se les solicitó que para cada uno de los ejercicios del programa de entrenamiento escogiesen los tubos elásticos según su longitud y un el color (rojo, verde o azul) que les permitiese realizar las repeticiones totales con la técnica correcta, lo que implicaba necesariamente que no podían realizar más repeticiones usando la resistencia seleccionada. En caso de no llegar a las repeticiones necesarias, o sobrepasar este número, se dejaba un periodo de descanso de 2 minutos entre cada intento fallido. De esta forma, se les enseñó cuál y cómo debía ser su percepción máxima para 10 repeticiones por serie. Una vez hecho este proceso de adaptación, se les solicitó que buscaran la percepción de esfuerzo submáxima que se les iba a solicitar a lo largo del programa de entrenamiento. Para esto, se les solicitó que realizaran una serie del ejercicio con un esfuerzo volitivo submáximo con un valor de 8-9 en la escala OMNI-RES 0-10

para bandas elásticas (Colado et al., 2012; Colado et al., 2018). En el caso de no alcanzarlo modificaban los parámetros indicados y lo repetían tantas veces como fuera necesario hasta conseguirlo, recuperando entre cada intento dos minutos. Una vez conseguido, también recuperaban dos minutos y se les solicitaba que lo repitieran para comprobar si volvían a estar en el mismo valor de percepción del esfuerzo local. Los participantes realizaron varias series para asegurar la asimilación de la ejecución correcta junto con el adecuado carácter del esfuerzo, estableciéndose entre tres y ocho los intentos necesarios para obtener la resistencia correcta (Ploutz-Snyder & Giamis, 2001). Realizada y corroborada esta adaptación al método, los participantes ya estaban preparados para el desarrollo del programa. Una vez identificada dicha resistencia, tanto la longitud, el color y el número de tubos fue registrado para cada sujeto en cada uno de los ejercicios que debían seguir en el programa de entrenamiento.

De cara a poder facilitar una orientación sobre qué color o combinaciones de colores de los tubos podía ayudarles a modificar su carácter del esfuerzo en función de sus necesidades (tanto para aumentarlo como para disminuirlo) se configuró la siguiente tabla de referencia (ver figura 38).

CODIFICACIÓN DE LA INTENSIDAD DE LOS TUBOS ELÁSTICOS										
Intensidad por colores:	Rojo	Verde	Azul	Dos Rojos	Rojo y Verde	Rojo y Azul	Dos Verdes	Verde y Azul	Dos Azules	Tres rojos
Codificación:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Intensidad por colores:	Dos rojos y verde	Dos rojos y azul	Rojo, verde y azul	Dos verdes y rojo	Dos verdes y azul	Tres verdes	Dos azules y rojo	Dos azules y verde	Tres azules	Más de tres
Codificación:	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Figura 38. Codificación de la intensidad de los tubos elásticos

Es importante resaltar que se colocó en un lugar visible de la sala de entrenamiento la imagen de la escala OMNI-RES para bandas elásticas (Figura 37) para facilitar a los participantes el adecuado control y progresión de la intensidad programada.

La velocidad de ejecución se controló utilizando un metrónomo acústico durante cada serie. Las repeticiones, se realizaron en cuatro tiempos cada una, dos de contracción y dos de excéntrico. Los tiempos se atendieron a una cadencia de 120 bpm utilizando música editada a ese mismo ritmo como recurso de motivación, siendo siempre la misma música para ambos grupos experimentales.

b) Control de intensidad en el grupo del medio acuático

Hasta hace dos décadas, la falta de criterios metodológicos para producir una resistencia constante al realizar ejercicios en el medio acuático limitaba su uso en el ámbito de la aptitud física (Pöyhönen et al., 2001). No obstante, posteriormente surgieron distintos estudios que atendieron a la necesidad de poder aportar recursos con los que controlar dicha intensidad de la manera más objetiva posible, a pesar de la divergencia de este material de resistencia variable con otros del mismo tipo. Colado (2004) exponía que la intensidad del ejercicio acuático se puede controlar a través del carácter del esfuerzo percibido, la velocidad de movimiento, el área de superficie del equipo acuático utilizado y la posición del segmento corporal. Teniendo en cuenta que, para una resistencia determinada, una mayor cadencia de movimiento conduce a una mayor activación muscular, entonces mantener esa cadencia debería significar que la activación muscular no varía y que la intensidad del ejercicio se ha mantenido estable (Colado et al., 2008). Bergamin, Zanuso, Alvar, Ermolao, & Zaccaria (2012) ya indicaban que el método propuesto en los diferentes estudios y manuales del Dr. Colado (citados a lo largo de esta tesis), era un buen recurso metodológico para monitorizar la intensidad del entrenamiento de la fuerza en el medio acuático con las personas mayores. Tomando esto en consideración, y como ya ha sido explicado previamente, el control de la intensidad del entrenamiento en el grupo que entrenó en el medio acuático, se atendió estableciendo el ritmo de ejecución, siendo la premisa en cada ejercicio que cada repetición se realizara

sin interrupciones a la máxima velocidad posible durante los cuarenta segundos que duraba cada serie (Graef et al., 2010) (los mismos que dura cada serie realizada por el GT), y verificando al final de la serie, el esfuerzo percibido a nivel local (Colado et al., 2009; Colado et al., 2012). Debido a que no existe una escala validada para el control la intensidad mediante la monitorización del carácter del esfuerzo percibido durante los ejercicios de fuerza realizados en el medio acuático, la escala OMNI-RES de Robertson et al. (2013) fue empleada como recurso pictórico con el que ayudar a los participantes en el adecuado control de la intensidad del ejercicio realizado. Estudios previos ya la habían empleado con esta finalidad (Colado et al., 2009; Colado et al., 2012). Para poder generar una resistencia externa adecuada al estímulo pretendido, los participantes emplearon dispositivos de arrastre al movimiento acuático tanto para los miembros inferiores como superiores. Estos dispositivos (discos y tobilleras) aumentaron el tamaño del área del segmento movilizado en el medio acuático, incrementándose con esto la resistencia frontal y de succión a dicho movimiento (Colado & Moreno, 2001; Colado, 2004).

4.5.4. Equipamiento utilizado

En el presente estudio se han utilizado diferentes dispositivos para el entrenamiento de la fuerza (dispositivos de tubos elásticos y dispositivos acuáticos de área/arrastre). A continuación, se muestran los dispositivos utilizados y las características de cada uno de ellos:

a) Plataforma Exercise Station de TheraBand® de tubos elásticos

Con la finalidad de anclar los tubos elásticos para poder traccionar de ellos se empleó la Plataforma “*Exercise Station de TheraBand*”. Es una plataforma de plástico duro cuyas medidas son 111.76 cm de longitud, 22.86 cm de anchura y 5.08 cm de altura. Tiene un peso de 6.5 kg, por lo que es ligera y su forma permite que sea fácilmente

apilable. Esta plataforma consta de un espacio circular en el centro diseñado para albergar *fitball*, *stability trainer* y platos de *Freeman*. También incluye 6 puntos de anclaje para enganchar *TheraBand tubing*® en diferentes posiciones según el ejercicio a realizar (Figura 39).

Sus usos clínicos según el fabricante son:

- Entrenamiento de la fuerza, equilibrio, coordinación, flexibilidad, estiramientos y sistema cardiovascular.
- Uso tanto a nivel deportivo como en terapia de rehabilitación.



Figura 39. Plataforma Exercise Station de TheraBand®.

b) *Exercise tubing*® de color verde, rojo y azul

Tubos elásticos de diferentes colores, longitudes y resistencias, acoplables a la plataforma *Exercise Station* de *TheraBand*®. En este caso se han empleado *Exercise Tubing*® de color rojo, verde y azul de dos longitudes. Dos unidades por cada color y longitud. Cada color representa una resistencia. Las características de cada *Exercise Tubing*® empleado son las siguientes:

- *Exercise Tubing*® rojo: longitud de 45.5 y 60.96 cm. Resistencia de base 1.3 kg al 100% de elongación y 2 kg al 200% de elongación (resistencia grado medio).

- *Exercise Tubing*® verde: longitud de 45.5 y 60.96 cm. Resistencia de base de 1.7 kg al 100% de elongación y 2.5 kg al 200% de elongación (resistencia grado fuerte).
- *Exercise Tubing*® azul: longitud de 45.5 y 60.96 cm. Resistencia de base de 2.1 kg al 100% de elongación y 3 kg al 200% de elongación (resistencia grado extra fuerte).

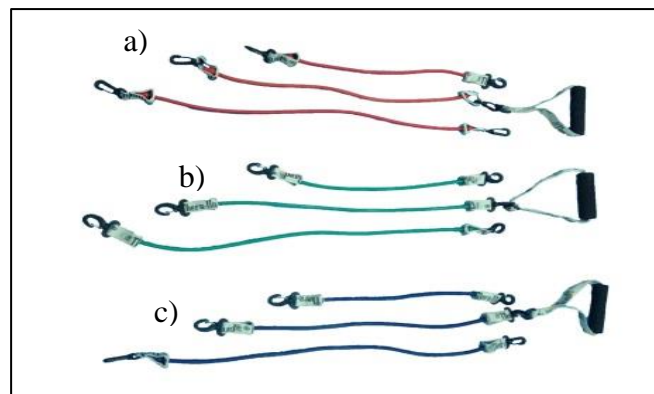


Figura 40. Tubos elásticos - a. *Exercise Tubing*® rojo; b. *Exercise Tubing*® verde; c. *Exercise Tubing*® azul.

c) *Asas TheraBand*®

Accesorios diseñados especialmente para anclar las cintas y tubos elásticos y de esta manera realizar los ejercicios con seguridad y comodidad. Compuestas por dos cinchas de tela y gomaespuma en el agarre, con aro interior de plástico duro. Se empleó una unidad por cada *Exercise Tubing*®.



Figura 41. Asas de *TheraBand*®.

d) Discos y tobilleras de arrastre

Para generar adecuados niveles de activación muscular, la adición de materiales de arrastre podría no ser necesarios durante la ejecución de ejercicios de fuerza en el medio acuático (Colado et al., 2013), siendo esto también aplicable a las personas mayores (Prado et al., 2016). Sin embargo, en la presente tesis se decidió incluir materiales para garantizar una adecuada activación muscular en aquellos casos en los que pudiera haber una producción limitada de la velocidad de la acción muscular originada por el proceso de envejecimiento o de desentrenamiento. En este sentido, es conocido que con el envejecimiento se pierde antes la capacidad para producir una fuerza de manera rápida que la capacidad para alcanzar su pico máximo de producción sin factores temporales que mediaticen (Katsoulis et al., 2019). Además, se sabe que el uso de dispositivos puede aumentar en las personas mayores la fuerza de agarre manual (Prado et al., 2016), hecho que correlaciona positivamente con un incremento de la esperanza de vida (Cooper et al., 2011; Dodds, Kuh, Sayer, & Cooper, 2018; Günther, Bürger, Rickert, Crispin, & Schulz, 2008; Wang & Chen, 2010). Factor este que también estimuló al uso de materiales en la presente tesis doctoral. El material empleado aumenta la resistencia que el agua ofrece durante la ejercitación en el medio acuático al realizar un movimiento por medio del aumento de la superficie frontal de área y las fuerzas de succión posteriores que también se generan (Colado, 2004). Estos materiales se caracterizan por tener una densidad similar al agua y, por ende, las fuerzas que se generan a través del movimiento provienen únicamente de la fuerza de arrastre y no se ve afectada por la flotación. Las características de cada dispositivo son las siguientes (Figura 42):

- *Wetshaper* o disco de arrastre *ShapeProducts*: tamaño de área proyectada de 491 cm². Peso de 450 gramos. Diseño asimétrico con un lado plano y el otro en ligera curva.

- *Fins* o tobilleras de arrastre de la marca *Aqualogix* de resistencia alta: tamaño de área proyectada de 330 cm². Peso 680 gramos. Posee 4 alas de 6”.

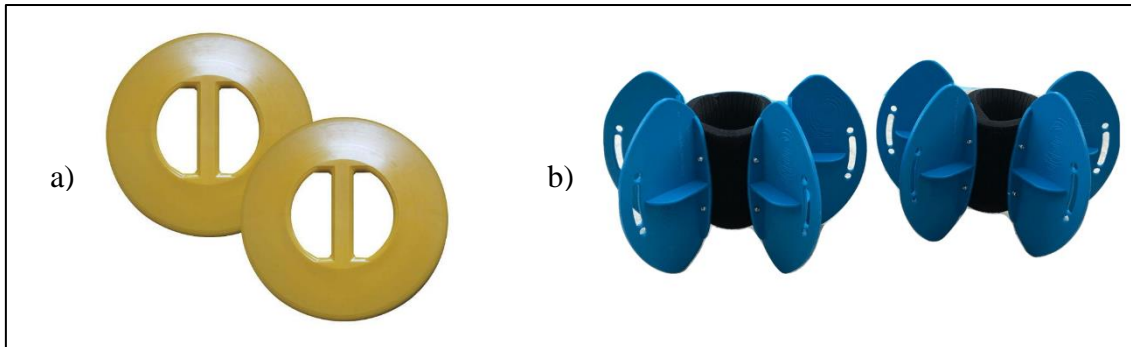


Figura 42. Discos y tobilleras de arrastre - a. Wetshapers (ShapeProducts, Arnhem, Netherland); b. Fins (Aqualogix, California, USA).

4.5.5. Protocolo de intervención

A continuación, se procederá a la explicación detallada de los aspectos relacionados con la duración, frecuencia, volumen e intensidad, recuperación y velocidad de ejecución de las sesiones del programa de entrenamiento, así como de los ejercicios ejecutados durante dichas sesiones.

a) Duración y frecuencia de las sesiones

El programa de entrenamiento periodizado tuvo una duración de 32 semanas. Según estudios previos y posicionamientos científicos especializados (Chodzko-Zajko et al., 2009), se consideró oportuno establecer una frecuencia de entrenamiento de dos sesiones por semana en días alternos, existiendo un reposo entre cada sesión de 48 horas. Ambos grupos realizaron su entrenamiento los martes y jueves de cada mes. Debido al amplio número de participantes, y en favor de garantizar un control máximo por parte de los investigadores sobre el proceso de intervención, fue necesario dividir en dos sub grupos cada uno de los grupos de entrenamiento. De esta manera, el primer sub grupo del grupo de tubos elásticos entrenó de 9:00 a 10:00, y el segundo de 10:00 a 11:00, mientras que el primer sub grupo del grupo del medio acuático entrenó de 12:30 a 13:30 y el segundo

de 13:30 a 14:30. Un total de 64 sesiones sin contar las 2 de familiarización completaron el programa de entrenamiento.

b) Volumen e intensidad

Para optimizar los efectos que el entrenamiento pudiera ejercer en los AM, este tuvo un carácter progresivo, tanto en el volumen de las series como en la intensidad de los ejercicios (Romero-Arenas et al., 2011). De esta manera, se estableció que durante las primeras 4 semanas, los dos grupos experimentales, a modo de adaptación, realizarían cada uno de los ejercicios a una intensidad de 6-7 o “algo difícil” de la escala de percepción OMNI-RES para bandas elásticas (Colado et al., 2018), progresando en las semanas restantes a una percepción del esfuerzo de 8-9 o “duro o pesado”. Se llevó un registro individualizado del color y número de tubos elásticos en el caso del GT y del número de repeticiones obtenidas en 40 segundos en el caso del GA.

Por otro lado, el incremento del número de series por cada ejercicio físico fue controlado para asegurar una progresión del volumen de entrenamiento (Hass, Feigenbaum, & Franklin, 2001). Se estableció así que durante las primeras 8 semanas (2 meses) se realizarían 3 series por cada ejercicio. Se incrementó a 4 series durante las siguientes 8 semanas, y para las 16 semanas restantes los AM realizarían los ejercicios en sucesión y sin descanso durante el entrenamiento, concepto conocido como “superseries” (Schoenfeld, Peterson, Ogbom, Contreras, & Sonmez, 2015). Esto fue posible debido a que el orden de los ejercicios intercalaba grupos musculares de las extremidades inferiores con los de las superiores. Tomando en consideración previos estudios (Colado et al., 2009), esta adaptación metodológica pretendía generar un aumento de la demanda cardiovascular del ejercicio junto con un mayor proceso de fatiga muscular acumulada. Cabe destacar que únicamente se realizaron 4 series en los ejercicios bilaterales, ya que los unilaterales requieren del doble de series (una por cada extremidad principal), y un

aumento de estas suponía sobrepasar el tiempo establecido por sesión. En definitiva, se decidió estructurar esta progresión ya que, pese a que está demostrado que una sola serie puede generar adaptaciones en personas sedentarias sobre la fuerza (American College of Sports Medicine, 2000; American College of Sports Medicine, 2010), el aumento del volumen del entrenamiento se relaciona con el incremento de la masa muscular y la mejora del VO₂máx (Warburton, Glendhill, & Quinney, 2001), siendo además necesario conforme van apareciendo procesos crónicos de adaptación a partir de las 12 semanas de entrenamiento sistemático (Colado, 1996).

c) *Recuperación activa*

Los descansos entre series se establecieron en 90 segundos, siendo estos de carácter activo, ya que se relacionan con una mejor reoxigenación y mejor rendimiento (Dupont, Moalla, Guinhouya, Ahmaidi, & Berthoin, 2004; Dupont, Moalla, Matran, & Berthoin, 2007) a la vez que son más beneficiosos que la recuperación pasiva en cuanto a su efecto sobre la eliminación de la tasa de lactato en el organismo (Barnett, 2006). Esta recuperación activa permite mantener la frecuencia cardiaca elevada y estable lo que favorece el uso de los ácidos grasos como fuente de energía (Haltom et al., 1999).

Durante el tiempo de descanso se realizaron sencillos movimientos articulares coordinativos, estableciendo diferentes secuencias coreográficas que variarían de sesión en sesión pero que se mantendrían iguales en ambos grupos experimentales. Por su parte, los descansos entre ejercicios mantuvieron la duración de 90 segundos, pero con un carácter pasivo, para permitir por un lado que los participantes se hidratasen, y por el otro que adoptaran la posición correcta de cara a iniciar el siguiente ejercicio.

d) *Velocidad de ejecución*

Este elemento es sustancial ya que puede condicionar la respuesta muscular en función del tipo de material de resistencia variable que se emplee. Sobre todo, en los

movimientos acuáticos, donde una velocidad de ejecución lenta o pausada puede implicar una menor demanda de activación muscular ante una menor resistencia externa (Borreani et al., 2014; Colado et al., 2013).

En el GT se estipuló que el movimiento se realizara a una velocidad de dos segundos tanto en la fase concéntrica como en la excéntrica (4 segundos el movimiento completo de cada repetición, es decir, 40 segundos de duración total para la serie completa) guardando una proporción 1:1. Por medio de un metrónomo y música ajustados a 120 batidos/golpes por minuto (bpm) se controló el ritmo de la cadencia de ejecución, junto con la ayuda del instructor quien de manera verbal iba contando los tiempos cuando así fuera necesario. Por tanto, con esta cadencia empleada por el GT, se llegaba a completar 10 repeticiones en cada una de las series que se realizaron.

En el GA por su parte, se estipuló que se ajustaría el tiempo de ejecución de cada serie completa al que llevaría a cabo el GT (40 segundos), siendo la velocidad de ejecución, máxima para cada repetición realizada, de manera que los participantes intentaban mantener esta velocidad de ejecución constante en las diferentes repeticiones para acabar con un carácter de percepción del esfuerzo local establecido en cada etapa de la periodización del entrenamiento (Graef et al., 2010).

e) Ejercicios utilizados en el programa de entrenamiento

Todos los grupos realizaron seis ejercicios que involucran los principales grupos musculares tanto del hemisferio superior como del inferior de manera alterna en base a las recomendaciones del ACSM (American College of Sports Medicine, 2010). De esta manera se protocolizaron tres ejercicios para las extremidades superiores (remo vertical, remo inclinado y flexión de codo) y tres ejercicios para las extremidades inferiores (sentadillas, tijeras y abducciones de cadera). Debido a determinadas diferencias mecánicas a la hora de realizar de manera sustitutiva determinados ejercicios en el medio

acuático y terrestre, fue necesario sustituir en el GA el ejercicio de sentadillas por uno de flexo-extensión de la rodilla (patada frontal) y el de las tijeras por uno de flexo-extensión de la cadera y la rodilla (gran patada frontal) (Colado & Moreno, 2001, Colado, 2004).

Finalmente, se debe reseñar que debido a que la profundidad de inmersión durante la realización de los ejercicios en el medio acuático para los miembros superiores no era la más adecuada, debido a las características del vaso empleado, los participantes debieron adaptar su posición para tener una profundidad de inmersión correcta (Colado, 2004; Colado et al, 2013).

De la tabla 7 a la 12 se muestran los ejercicios empleados, además se describe muy sucintamente algunos elementos básicos de la técnica de ejecución y una muy breve reseña de la implicación de algunos de los grupos musculares agonistas de cada movimiento (Colado, 1996; Colado 2004; Colado & García-Massó, 2009).

Tabla 7. Comparación del remo vertical con tubos elásticos versus medio acuático





		Remo vertical		
	Posición inicial	Posición final	Descripción	Errores frecuentes a corregir Musculatura agonista
Grupo de tubos elásticos			<p><u>Posición inicial</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Posición en bipedestación. - Pies separados al ancho de la cadera. - Antebrazos pronados. - Cabeza erguida y mirada al frente. <p><u>Posición final</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Manos a la altura de la apófisis xifoides. - Codos elevados con abducción de hombros de 80°. 	<ul style="list-style-type: none"> - Extender el tronco en la fase final. - Elevar los hombros. - No elevar los codos. - Flexionar las muñecas. <ul style="list-style-type: none"> - Deltoides fibras medias. - Supraespinoso. - Bíceps braquial. - Supinador largo.
	Grupo en el medio acuático			<p><u>Posición inicial</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Posición de rodillas o con una rodilla apoyada en el suelo. - Antebrazos pronados. - Cabeza erguida y mirada al frente. <p><u>Posición final</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Manos a la altura de la apófisis xifoides. - Codos elevados con abducción de hombros de 60°.

Tabla 8. Comparación del remo inclinado con tubos elásticos versus medio acuático




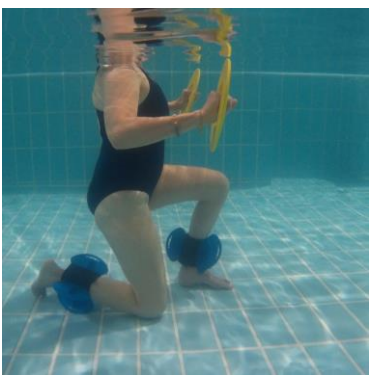
		Remo inclinado		
	Posición inicial	Posición final	Descripción	Errores frecuentes a corregir Musculatura agonista
Grupo de tubos elásticos			<p><u>Posición inicial</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Posición en bipedestación con los pies al ancho de las caderas. - Tubos anclados en el extremo opuesto de la plataforma. - Flexión de hombros de 30° y extensión de codos. - Antebrazos pronados. <p><u>Posición final</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Abducción de hombros a 45° con extensión de brazos y retracción escapular. - Flexión de codos a 90°. 	<ul style="list-style-type: none"> - Extender la rodilla y mantenerla bloqueada. - Flexionar los codos a la altura del pecho. - Elevar los hombros. <p>Musculatura agonista:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Deltoides posterior. - Gran dorsal. - Romboides. - Supraespinoso. - Bíceps braquial. - Supinador largo. - Porción larga del tríceps braquial.
	Grupo en el medio acuático			<p><u>Posición inicial</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Posición de rodillas o con una rodilla apoyada en el suelo. - Flexión de hombros de 30° y extensión de codos. - Antebrazos pronados. <p><u>Posición final</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Abducción de hombros a 45° con extensión de brazos y retracción escapular. - Flexión de codos a 90°.

Tabla 9. Comparación de la flexión de codo con tubos elásticos versus medio acuático





		Flexión de codo				
		Posición inicial	Posición final	Descripción	Errores frecuentes a corregir	Musculatura agonista
Grupo de tubos elásticos			<p><u>Posición inicial</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Posición en bipedestación con los pies al ancho de las caderas. - Codos junto a la cintura sin bloqueo articular. - Antebrazos en posición supina. 	<p><u>Posición final</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Flexión de codos en el rango completo. - Antebrazos en posición supina. 	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar abducción de hombros. - Elevar los hombros. - Realizar una extensión de muñecas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Bíceps braquial. - Braquial anterior.
			<p><u>Posición inicial</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Posición de rodillas o con una rodilla apoyada en el suelo. - Abducción de hombros de 60°. - Inmovilización de los hombros. - Antebrazos en posición de supinación. 	<p><u>Posición final</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Flexión de codos en el rango completo. - Muñecas en posición neutra. 	<ul style="list-style-type: none"> - Extender el tronco en la fase final. - Elevar o encoger los hombros. - Flexionar las muñecas. - Flexionar la cadera. - Sacar los discos de arrastre fuera del agua. 	<ul style="list-style-type: none"> - Bíceps braquial. - Tríceps braquial.

Tabla 10. Comparación de la sentadilla con tubos elásticos versus medio acuático





		Sentadilla			
		Descripción	Errores frecuentes a corregir	Musculatura agonista	
Grupo de tubos elásticos	Posición inicial		Posición final		
		<p><u>Posición inicial</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Posición en bipedestación con los pies al ancho de las caderas. - Tubos elásticos sujetos a la altura de los hombros. - Cabeza erguida. <p><u>Posición final</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Flexión de 60° en las articulaciones de las rodillas. - Ligera inclinación del tronco acompañando el movimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Extender el tronco en la fase final. - Elevar los hombros. - No elevar los codos. - Flexionar las muñecas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cuádriceps. - Glúteo mayor. - Isquiotibiales. 	
Grupo en el medio acuático	Posición inicial		Posición final		
		<p><u>Posición inicial</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Posición monopodal. - Flexión de cadera a 90° con respecto a la pierna de apoyo. - Rodilla flexionada. <p><u>Posición final</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Extensión de rodilla en el rango completo. 	<ul style="list-style-type: none"> - No mantener la cadera en flexión de 90° respecto a la pierna de apoyo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cuádriceps. - Isquiotibiales. 	

Tabla 11. Comparación de la tijera con tubos elásticos versus medio acuático


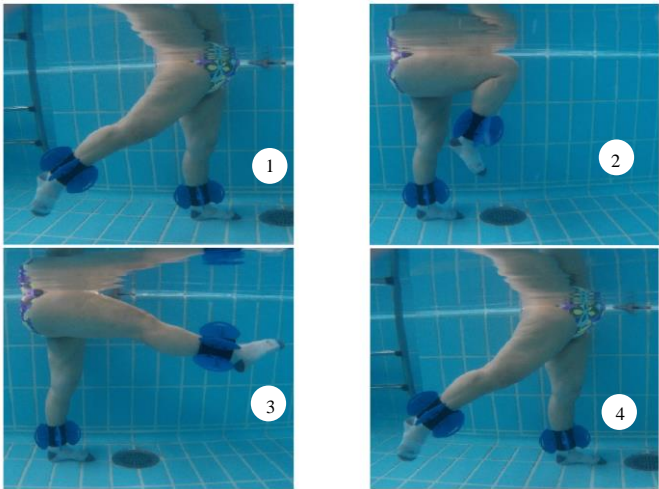


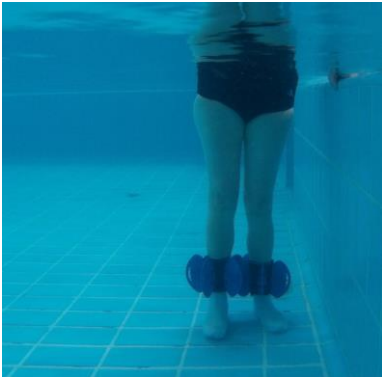

		Tijera				
		Posición inicial	Posición final	Descripción	Errores frecuentes a corregir	Musculatura agonista
Grupo de tubos elásticos			<p><u>Posición inicial</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Posición en bipedestación con una pierna adelantada a la otra al ancho de las caderas. - La pierna adelantada se sitúa sobre la plataforma. <p><u>Posición final</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Flexión de rodilla hasta alcanzar 60° de flexión de cadera en la pierna adelantada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Inclinar el tronco durante la ejecución. - Adelantar la rodilla del pie adelantado en exceso. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cuádriceps. - Glúteo mayor. - Isquiotibiales. 	
	Grupo en el medio acuático			<p><u>Posición 1</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Posición monopodal. - Cadera y rodilla extendidas. <p><u>Posición 2</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Flexión de rodilla con flexión de cadera a 90°. <p><u>Posición 3</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Extensión de rodilla manteniendo la cadera a 90°. <p><u>Posición 4</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Extensión de cadera con rodilla extendida. 	<ul style="list-style-type: none"> - Extender o inclinar el tronco en la fase final. - No mantener la cadera a 90° en la posición 3. - No mantener la rodilla extendida en la posición 4. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cuádriceps. - Psoas iliaco. - Isquiotibiales. - Glúteo mayor.

Tabla 12. Comparación de la abducción de cadera con tubos elásticos versus medio acuático

		Abducción de cadera				
		Posición inicial	Posición final	Descripción	Errores frecuentes a corregir	Musculatura agonista
Grupo de tubos elásticos				<p><u>Posición inicial</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Posición en bipedestación. - Pies sobre los tubos elásticos fuera de la plataforma. - Tronco en posición erguida por medio del equilibrado apoyando con el brazo en el compañero. <p><u>Posición final</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Abducción de cadera hasta el máximo rango posible. 	<ul style="list-style-type: none"> - Extender o inclinar el tronco durante la ejecución. - Flexionar las rodillas. - Rotación externa de los tobillos excesiva. 	<ul style="list-style-type: none"> - Abductores. - Tensor de la fascia lata. - Glúteo medio.
	Grupo en el medio acuático				<p><u>Posición inicial</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Posición en bipedestación. - Mano apoyada en el borde de la piscina. - Tronco en posición erguida. <p><u>Posición final</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Abducción de cadera hasta el máximo rango posible. 	<ul style="list-style-type: none"> - Extender o inclinar el tronco durante la ejecución. - Flexionar las rodillas. - Rotación externa de los tobillos excesiva.

f) Estructura de las sesiones de entrenamiento

Como ya se especificó en el apartado “4.5.1. Aspectos generales del programa de entrenamiento”, las sesiones de entrenamiento tuvieron una duración de 60 minutos aproximadamente. Tal y como lo recomienda el Colegio Americano de Medicina Deportiva, cada sesión de ejercicio se dividió en tres fases: un calentamiento general de 10 minutos, una parte principal de 35 – 40 minutos de ejercicio de resistencia y una vuelta a la calma de 10 minutos.

- Calentamiento

Los dos grupos de estudio realizaron 10 minutos de calentamiento para iniciar cada una de las sesiones de entrenamiento, siguiendo las recomendaciones de (Chodzko-Zajko, 2013). Se realizaron ejercicios de movilidad mono y poliarticular en extremidades superiores, inferiores y tronco, con el objetivo de preparar tanto fisiológicamente como musculoesqueléticamente al organismo. De manera consecutiva se realizaron ejercicios coordinativos y de movilidad activa para favorecer el aumento de la frecuencia cardíaca, la temperatura y el estímulo de los músculos y sistemas neurales para la posterior parte principal. Finalmente, se realizaron estiramientos activos y dinámicos de los músculos participantes en el trabajo de resistencia, siguiendo así, la recomendación de Ayala, Sainz de Baranda, & Cejudo (2012) (Anexo 6). Siempre se realizaron los mismos ejercicios para ambos grupos experimentales, con una intensidad también semejante.

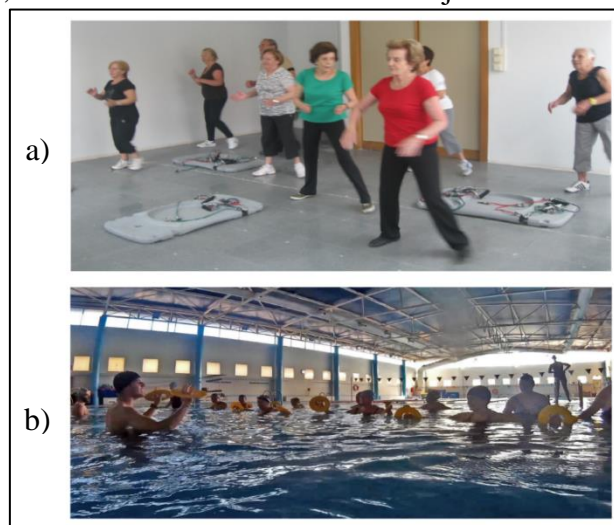


Figura 43. AM realizando el calentamiento - a. calentamiento en el grupo de tubos; b. calentamiento en el grupo de agua.

- Parte principal

Tras los 10 minutos de calentamiento, se da paso a la parte principal (Figura 44), en la cual se realizaron los seis ejercicios descritos en el subapartado “e) Ejercicios utilizados en el programa de entrenamiento” del apartado “4.5.5. Protocolo de intervención”. Esta tuvo una duración de 40 minutos aproximadamente, y en ella también se realizaron los ejercicios de recuperación activa (Anexo 7).



Figura 44. AM realizando la parte principal - a. parte principal en el grupo de tubos elásticos; b. recuperación activa en el grupo de tubos elásticos; c. parte principal en el grupo en el medio acuático; d. recuperación activa en el grupo en el medio acuático.

- Vuelta a la calma

Finalizada la parte principal, se realizó una fase de vuelta a la calma (figura 45), siendo entre cinco y diez minutos el tiempo delimitado para esta parte y cerrar así la sesión de entrenamiento. En ella se realizaron ejercicios de recuperación pasiva acompañados de estiramientos estáticos (Anexo 8) con el fin de disminuir la activación del organismo (Ayala et al., 2012).

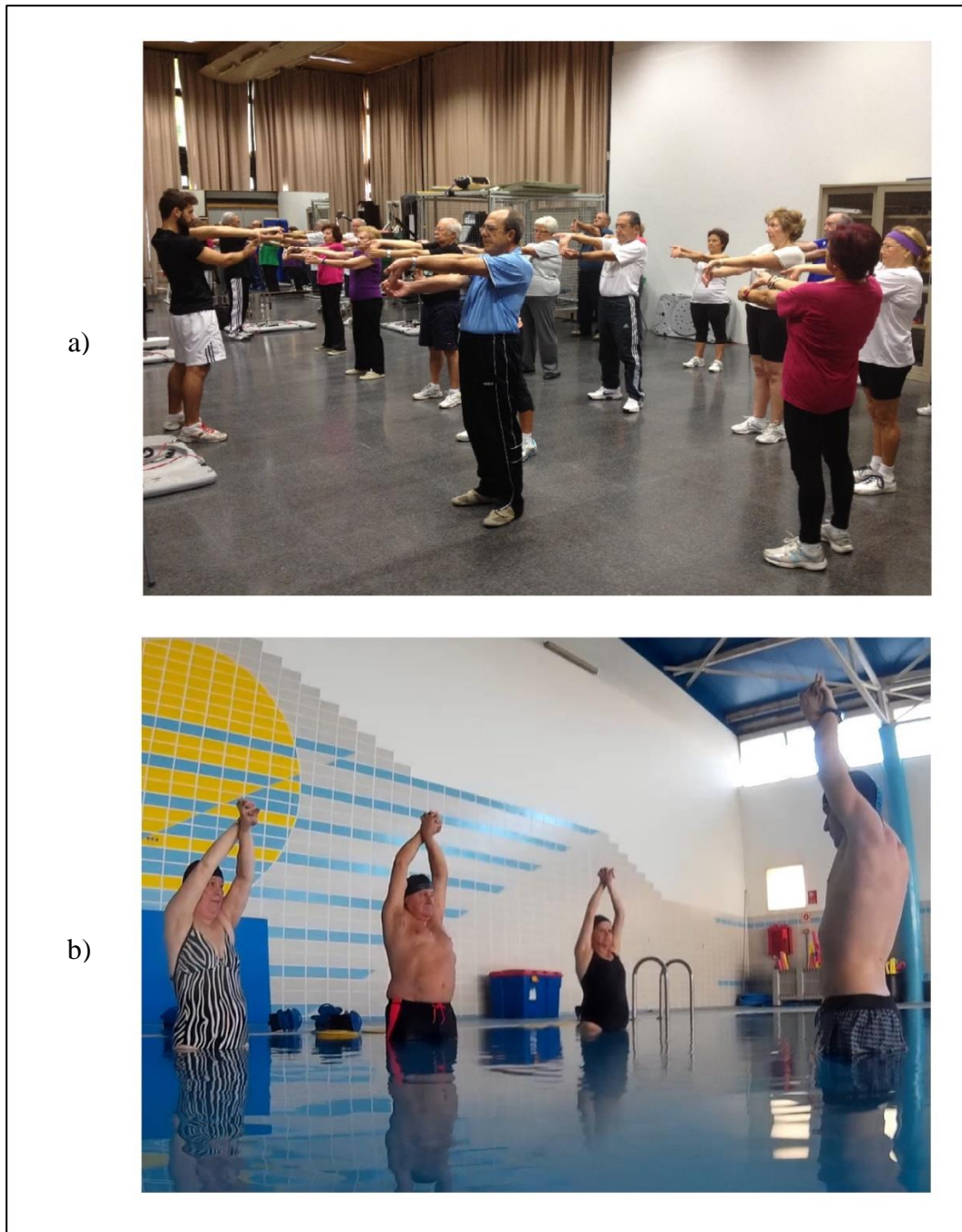


Figura 45. AM realizando la vuelta a la calma - a. vuelta a la calma en el grupo de tubos; b. vuelta a la calma en el grupo en el medio acuático.

4.5.6. Temporalización

El ensayo clínico realizado se fue desarrollando a través de diferentes fases. La figura 46 recoge las características de todas ellas, a la vez que las especificaciones acordadas para cada uno de los grupos experimentales.

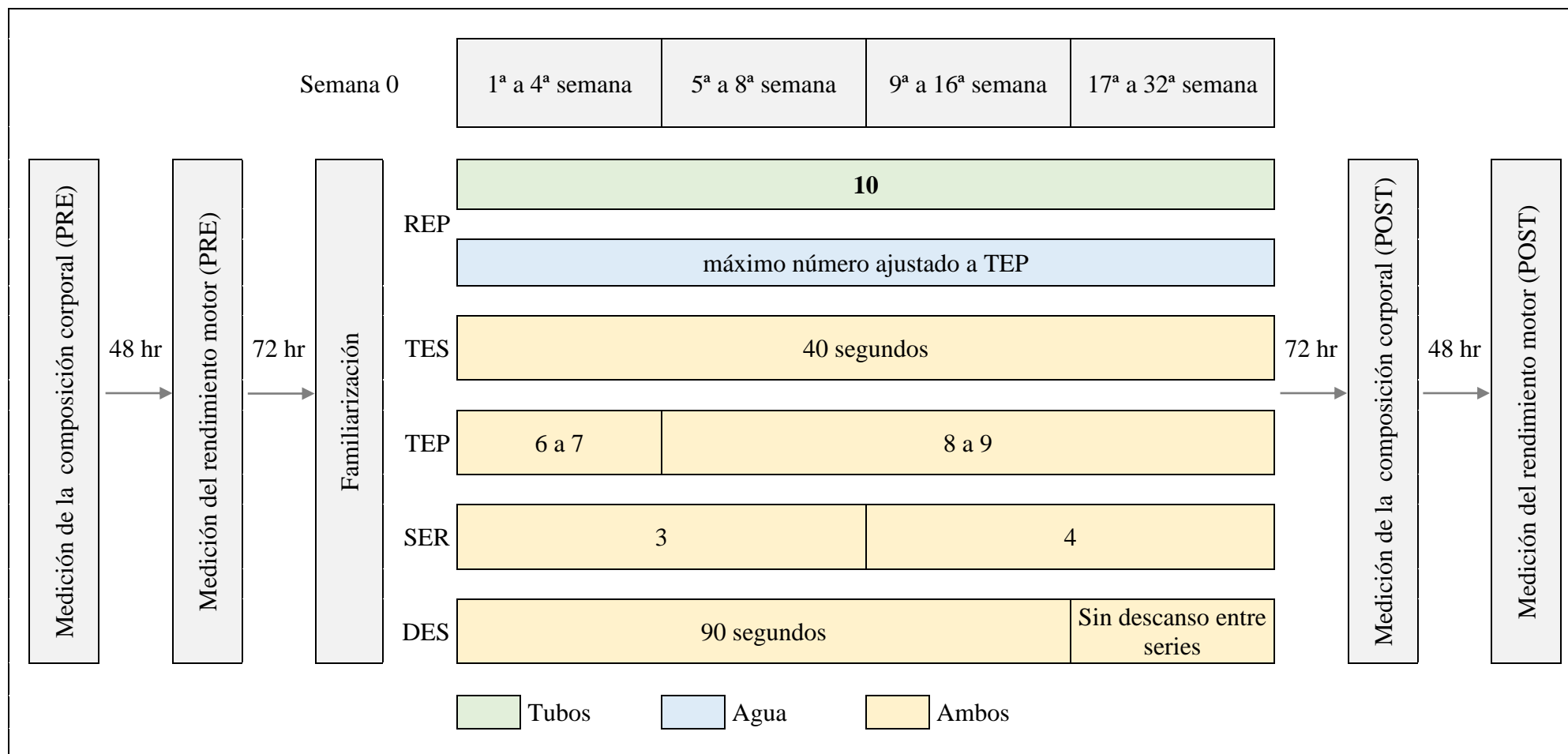


Figura 46. Diseño experimental. REP: Repeticiones; TES: Tiempo de ejecución por serie; TEP: Tasa de esfuerzo percibido; SER: Series; DES: Tiempo de descanso; Hr: Horas.

4.6. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando el programa estadístico SPSS versión 22 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) con la licencia de la Universidad de Valencia (Anexo 9).

Para confirmar la normalidad de las variables se llevó a cabo la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov (*K-S normality test*), así como la homocedasticidad a través del test de Levene.

Debido a que las variables del bienestar físico, psicológico y social no asumieron la normalidad, se optó en este caso por realizar pruebas no paramétricas.

Se emplearon métodos estadísticos estándar para la obtención de las medidas de tendencia central y la desviación típica como medida de dispersión.

Así pues, para analizar los datos obtenidos de las pruebas de composición corporal, hueso y rendimiento motor, y dilucidar así, si los distintos materiales podían provocar adaptaciones diferentes tras el seguimiento de un mismo protocolo durante 32 semanas, se utilizó un análisis de la varianza unidireccional (ANOVA) de medidas repetidas (diseño mixto) que permitió obtener la comparación de los resultados entre el grupo de tubos elásticos, el del medio acuático, y el grupo control a nivel intra-sujetos e inter-sujetos. Al encontrarse diferencias significativas, se aplicó un análisis post hoc Bonferroni para determinar entre que grupo o grupos se dio esta diferencia significativa. Se realizó, además, una prueba T para muestras relacionadas para detectar una posible diferencia a lo largo del tiempo para cada grupo.

Para analizar los datos obtenidos de los test de bienestar físico, psicológico y social, al no dar significativa su normalidad con la prueba K-S normalidad, se utilizaron pruebas no paramétricas. Así pues, se aplicó la prueba de U de Mann-Whitney para comprobar

las posibles diferencias entre grupos y la prueba de Wilcoxon para analizar las posibles diferencias en el tiempo.

Por otro lado, los Coeficientes de Cohen (valor d) y de Hedges (valor g) se emplearon como indicadores del tamaño del efecto en la evolución intragrupo y entregrupos final, en las variables paramétricas y no paramétricas respectivamente (trivial <0.02 ; pequeño $0.2-0.49$; moderado $0.5-0.8$; grande >0.8). A su vez, para destacar la existencia de posible relevancia clínica de los hallazgos se calculó la mínima relevancia clínica (MRC) de cada variable y se determinaron aquellas que alcanzaron las magnitudes mínimas positivas (Page, 2014).

Para la totalidad de los análisis realizados se aceptó un nivel de significación de (p) menor a 0.05.

Capítulo 5

Resultados

5.1. Características de la muestra

Tras las 32 semanas de entrenamiento físico, de las 101 MM que iniciaron el estudio, 84 terminaron y se sometieron a la evaluación post-test, lo cual representa el 83.2% de la muestra inicial. De los 17 AM que no completaron el programa, 4 abandonaron por causas médicas ajenas al protocolo de ejercicios (1 por enfermedad, 2 por operación de cataratas, y 1 por caídas accidentales), 1 por problemas familiares, 3 por no asistir sin previo aviso a las evaluaciones post-test, y 9 (pertenecientes al GC) por pérdida de interés e inasistencia a las mediciones.

Debido a la escasa presencia de sujetos varones en el estudio y a la poca homogeneidad de ellos entre grupos (9 en el GT, 6 en el GA y 27 en el GC), se eliminaron del análisis estadístico y solo se incluyeron a las mujeres en los resultados finales, por lo que la muestra final para el estudio fue de 84 mujeres mayores. Este aspecto se corrobora en el Informe realizado en 2010 sobre las actividades realizadas por las personas mayores en España, donde se indica que un 16.3% de las mujeres mayores de 65 años muestran interés por actividades como el Yoga o la gimnasia, mientras que sólo un 11% de los varones muestra interés por estas mismas actividades (IMSERSO, 2012).

La asistencia promedio a las sesiones de entrenamiento fue del 89.3% para el GT y del 90.6% para el GA, siendo la asistencia promedio de 89.95% y no existiendo en este sentido, diferencias estadísticamente significativas entre grupos.

En la tabla 13 se muestran los estadísticos descriptivos de la muestra investigada.

Tabla 13. Características basales

Característica	GT (n = 27)	GA (n = 26)	GC (n = 31)
Edad (años)	66.48 ± 4.81	68.07 ± 4.84	69.78 ± 5.21
Peso (kg)	64.99 ± 10.77	69.02 ± 11.03	69.21 ± 7.37
Altura (m)	1.54 ± 0.06	1.56 ± 0.05	1.56 ± 0.06
IMC (kg/m ²)	27.36 ± 3.87	28.12 ± 3.98	29.35 ± 3.48
Grasa Corporal (%)	41.08 ± 5.23	42.75 ± 3.91	43.80 ± 6.69

Nota. Los datos se presentan como la media ± desviación estándar. IMC = índice de masa corporal; GC = grupo control; GT = grupo de tubos elásticos; GA = grupo acuático.

5.2. Composición Corporal

Los resultados postulan que la interacción no ha sido significativa en la variable % Grasa total ni en el factor efecto ($F(2,126) = 2.95, p > 0.05, \eta^2 = 0.05$), ni en el factor efecto*grupo ($F(6,126) = 1.45, p > 0.05, \eta^2 = 0.07$).

Por otro lado, los resultados del presente estudio arrojaron que 32 semanas de entrenamiento no fueron suficientes para obtener diferencias estadísticamente significativas ni superar la mínima relevancia clínica a nivel entre-grupos en la composición corporal. No obstante, se aprecia una diferencia entre los grupos experimentales y el control en el sentido en que este último reflejó un aumento en el porcentaje de grasa, sin ser estadísticamente significativo ($p > 0.05$) pero con un tamaño del efecto grande ($d = 0.81$) y con apenas 5 sujetos que superaron la MRC (16% del total), mientras que los grupos GA y GT redujeron dicho porcentaje, siendo en el caso del primero, una reducción no significativa ($p > 0.05$) con un tamaño del efecto entorno al medio ($d = 0.40$) y 11 sujetos que superaron la MRC (42% del total), y mostrando en el segundo una tendencia a la mejora ($p = 0.054$) con un tamaño del efecto ligeramente más grande pero clasificado igualmente como mediano ($d = 0.60$), y con 9 sujetos que superaron la MRC (33% del total).

En cuanto a la comparación entre grupos, no existieron diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los grupos experimentales ($p > 0.05$), estando el tamaño del efecto en la comparación GA vs GC clasificado como pequeño ($d = 0.21$), pese a que el primero reduce un 1.2% su porcentaje de grasa y el segundo lo aumenta un 1.9%. Por su parte, el GT quien mostró la mayor reducción en esta variable (2%) refleja en la medida post-entrenamiento un tamaño del efecto medio-grande al compararlo con el GC ($d = 0.70$), y de tamaño medio al compararlo con el GA ($d = 0.52$). Cabe destacar que su medida basal era ligeramente más baja que la del resto de grupos.

Tabla 14. Resultados de la composición corporal

		COMPOSICIÓN CORPORAL							
		Pretest	Postest	$\Delta\%$	Cohen's <i>d</i>	In. Conf. 95%	Cohen's <i>d</i>	In. Conf. 95%	MRC
% Grasa	T	40,7 ± 4,6	39,9 ± 4,9	Ψ -2,0%	-0,555	-1,12 / -0,03	T vs A: 0,521	-0,03 / 1,07	
Total	A	42,9 ± 3,9	42,4 ± 4,7	-1,2%	-0,395	-0,99 / 0,11	T vs C: 0,695	0,19 / 1,26	0,90
(Kk)	C	42,6 ± 4,9	43,4 ± 4,8	1,9%	0,805	0,23 / 1,36	A vs C: 0,210	-0,31 / 0,73	

Ψ : Tendencia estadísticamente significativa con respecto a la medida pretest.

T: grupo de tubos elásticos; A: grupo de medio acuático; C: grupo control; $\Delta\%$: Diferencia porcentual; MRC: mínima relevancia clínica; Kk: kilos por masa al cuadrado.

5.3. Hueso

Cadera

Por un lado, los resultados postulan que la interacción no ha sido significativa en el factor efecto en las variables CMO Cuello de la cadera ($F(1,84) = 0.02, p > 0.05, \eta^2 = 0.00$), DMO Cuello de la cadera ($F(1,84) = 0.92, p > 0.05, \eta^2 = 0.01$), T-Score Cuello de la cadera ($F(1,84) = 1.18, p > 0.05, \eta^2 = 0.01$), CMO Trocánter ($F(1,84) = 0.20, p > 0.05, \eta^2 = 0.01$), DMO Trocánter ($F(1,84) = 0.37, p > 0.05, \eta^2 = 0.01$), T-Score Trocánter ($F(1,84) = 0.36, p > 0.05, \eta^2 = 0.01$), CMO T. Ward ($F(1,84) = 3.02, p > 0.05, \eta^2 = 0.04$), DMO T. Ward ($F(1,84) = 1.47, p > 0.05, \eta^2 = 0.02$), T-Score T. Ward ($F(1,84) = 1.46, p > 0.05, \eta^2 = 0.02$), CMO Total de la cadera ($F(1,84) = 1.37, p > 0.05, \eta^2 = 0.02$), DMO Total de la cadera ($F(1,84) = 1.72, p > 0.05, \eta^2 = 0.02$), T-Score Total de la cadera ($F(1,84) = 1.73, p > 0.05, \eta^2 = 0.02$), CMO Total de la columna ($F(1,85) = 4.14, p > 0.05, \eta^2 = 0.05$), DMO Total de la columna ($F(1,85) = 1.30, p > 0.05, \eta^2 = 0.02$) y T-Score Total de la columna ($F(1,85) = 1.35, p > 0.05, \eta^2 = 0.02$).

Por otro lado, tampoco ha sido significativa en el factor efecto*grupo en las variables CMO Cuello de la cadera ($F(4,84) = 0.63, p > 0.05, \eta^2 = 0.03$), DMO Cuello de la cadera ($F(4,84) = 1.01, p > 0.05, \eta^2 = 0.05$), T-Score Cuello de la cadera ($F(4,84) = 1.03, p > 0.05, \eta^2 = 0.05$), CMO Trocánter ($F(4,84) = 0.38, p > 0.05, \eta^2 = 0.02$), DMO Trocánter ($F(4,84) = 0.33, p > 0.05, \eta^2 = 0.02$), T-Score Trocánter ($F(4,84) = 0.33, p > 0.05, \eta^2 = 0.02$), CMO T. Ward ($F(4,84) = 0.61, p > 0.05, \eta^2 = 0.03$), DMO T. Ward ($F(4,84) = 1.27, p > 0.05, \eta^2 = 0.06$), T-Score T. Ward ($F(4,84) = 1.22, p > 0.05, \eta^2 = 0.06$), CMO Total de la cadera ($F(4,84) = 1.06, p > 0.05, \eta^2 = 0.05$), DMO Total de la cadera ($F(4,84) = 1.22, p > 0.05, \eta^2 = 0.06$), T-Score Total de la cadera ($F(4,84) = 0.91, p > 0.05, \eta^2 = 0.04$), CMO Total de la columna ($F(4,85) = 0.25, p > 0.05, \eta^2 = 0.01$), DMO Total de la columna ($F(4,85) = 0.70, p > 0.05, \eta^2 = 0.03$) y T-Score Total de la columna ($F(4,85) = 0.66, p > 0.05, \eta^2 = 0.03$).

Tal y como muestra la tabla 15, a nivel entre grupos solo el GA experimentó mejoras en las variables del hueso focalizado en el triángulo de Ward y en el total de la zona de la cadera a excepción del CMO del triángulo de Ward. De esta manera, en el triángulo de Ward el GA mostró un aumento estadísticamente significativo ($\Delta = 6.9\%$, $p = 0.025$) de la DMO junto con un tamaño del efecto mediano ($d = 0.50$), superando también la MRC. En este sentido, mostró el mayor número de sujetos que superó dicha MRC con 14 (54% del total) por los 9 (33% del total) del GT y los 3 (10% del total) del GC. A su vez, también reflejó una mejora estadísticamente significativa ($\Delta = 18.6\%$, $p = 0.024$) acompañada nuevamente de un tamaño del efecto pequeño ($d = 0.31$) en el T-Score, y siendo nuevamente el único grupo que superó la MRC con 18 sujetos (69% del total) que obtuvieron resultados clínicamente relevantes, por los 12 (44% del total) del GT y los 3 (10% del total) del GC. En cuanto a la variable CMO, nuevamente el GA obtuvo mejoras superiores al resto de grupos (GA: $\Delta = 3.7\%$; GT: $\Delta = 0.6\%$; GC: $\Delta = 0.03\%$) con un tamaño del efecto igualmente superior (GA: $d = 0.29$; GT: $d = 0.07$; GC: $d = 0.03$), y pese a que no llegan a ser estos resultados estadísticamente significativos ($p > 0.05$) cabe destacar que fueron clínicamente más relevantes que el resto de grupos con 13 (50% del total) sujetos que superaron la MRC por 10 (37% del total) del GT y tan solo 2 (6% del total) del GC, pese a no superar esta MRC en el cómputo global. Por su parte, ni el GT ni el GC experimentaron cambios estadísticamente significativos en ninguna de las variables.

A nivel entre grupos, no existieron diferencias estadísticamente significativas ni entre los grupos experimentales ni con respecto al grupo control en las variables centradas en el triángulo de Ward ($p > 0.05$). No obstante, tras 32 semanas de intervención, si se puede observar un tamaño del efecto medio entre los resultados del GA en comparación con el resto de grupos, tanto en el DMO (GT: $d = 0.64$; GC: $d = 0.51$) como en el T-Score

(GT: $d = 0.60$; GC: $d = 0.54$). En la variable CMO se puede observar comparando las medias entre grupos que existe un tamaño del efecto grande al comparar el GA con el GC ($d = 0.93$) y de tamaño medio-grande comparado con el GT ($d = 0.74$).

Por otro lado, resultados similares se observaron tras el análisis de las variables del hueso focalizadas en el total de la cadera, ya que la intervención realizada en el medio acuático resultó ser la única efectiva para generar mejoras estadísticamente significativas. Así pues, el GA mostró un aumento estadísticamente significativo del CMO ($\Delta = 5.1\%$, $p = 0.023$, $d = 0.23$), la DMO ($\Delta = 1.4\%$, $p = 0.031$, $d = 1.37$) y el T-Score ($\Delta = 12\%$, $p = 0.036$, $d = 0.44$), superando también la MRC en las tres variables (CMO = 12 sujetos, 46% del total; DMO = 11 sujetos, 42% del total; T-Score = 9 sujetos, 35% del total). Esto no sucedió en el GT pese a la intervención con tubos elásticos, ya que al igual que ocurrió con el GC no experimentó cambios significativos en ninguna de las variables ($p > 0.05$) ni reflejó un tamaño del efecto superior al pequeño ($d < 0.20$). La MRC tampoco fue superada en el cómputo global ni por el GT (CMO = 7 sujetos, 26% del total; DMO = 4 sujetos, 15% del total; T-Score = 4 sujetos, 15% del total) ni por el GC (CMO = 3 sujetos, 10% del total; DMO = 1 sujeto, 3% del total; T-Score = 4 sujetos, 13% del total).

En el factor entre grupos, y al igual que ocurrió en las variables focalizadas en el triángulo de Ward, no existieron diferencias estadísticamente significativas ni entre grupos experimentales, ni entre estos con respecto al GC ($p > 0.05$). No obstante, si existió en la comparación de medias entre el GA y el GT un tamaño del efecto medio-grande en las variables CMO ($d = 0.63$) y DMO ($d = 0.68$) y de tamaño medio en el T-Score ($d = 0.47$).

En cuanto a las variables focalizadas en el cuello, y en el trocánter mayor del fémur, los resultados muestran en todas ellas, una superioridad discreta en el GA ya que reflejó

una mayor mejora en cuanto a la diferencia de medias, pero sin ser esta estadísticamente significativa en ninguna variable ($p > 0.05$). A su vez, el tamaño del efecto fue pequeño en la mayoría de las medidas y en los tres grupos, si bien destaca la DMO del cuello en el GA que sobresalió sobre el resto llegando a ser mediano ($d = 0.59$). Además, ninguno de los grupos superó la MRC en el cómputo global, si bien, cabría destacar que, a nivel intra-sujeto, y a excepción del CMO del trocánter donde el porcentaje fue superior en el GT (7 sujetos, 26% del total) con respecto al GA (5 sujetos, 19% del total) y al GC (6 sujetos, 19% del total), el GA mostró discretamente, un mayor número de personas que superaron la MRC, siendo así en el CMO del cuello con 11 sujetos (42% del total) por 7 del GT (26% del total) y 6 del GC (19% del total), en la DMO del cuello con 8 sujetos (31% del total) por 5 (19% del total) del GT y 4 (13% del total) del GC, en el T-Score del cuello con 7 sujetos (27% del total) por 5 (19% del total) del GT y 4 (13% del total) del GC, en la DMO del trocánter con 5 sujetos (19% del total) por 3 (11% del total) del GT y 5 (16% del total) del GC, y en el T-Score del trocánter con 8 sujetos (31% del total) por tan solo 3 (11% del total) del GT y 6 (19% del total) del GC.

Columna

En cuanto a las variables analizadas en el cómputo total de las vértebras L1, L2, L3 y L4, la intervención de 32 semanas resultó inefectiva tanto con el uso de material elástico, como en el medio acuático para generar cambios estadísticamente significativos. Al igual que ocurrió con el GC, tanto el GT como el GA mantuvieron casi inalterados los parámetros en las tres variables de estudio, siendo esto acompañado por un tamaño del efecto pequeño ($d < 0.50$).

Esta circunstancia se repite en el análisis del factor entre grupos, no existiendo diferencias entre ninguno de ellos ($p > 0.05$), observándose no obstante un tamaño del

efecto medio del CMO en la comparación entre el GA y el GC ($d = 0.49$) si bien cabe destacar que las medias basales ya eran ligeramente diferentes.

Ninguno de los grupos superó la MRC en el cómputo global, y el porcentaje de sujetos que la superó individualmente fue igualmente bajo en los tres. 10 sujetos (37% del total) del GT obtuvieron resultados clínicamente relevantes en la CMO, por 9 sujetos del GA (35% del total) y 7 del GC (23% del total). En las variables DMO y T-Score los porcentajes fueron aún más humildes pues del GT solo 4 (15% del total) superaron la MRC de la primera y 6 (22% del total) de la segunda, del GA 3 (12% del total) de la primera y 5 (19% del total) de la segunda y del GC 4 de la primera y 4 de la segunda (13% del total). Estos resultados tan similares dan a entender que el entrenamiento apenas tuvo efecto en la MRC.

Tabla 15. Resultados de las variables del hueso

		HUESO							
		Pretest	Postest	$\Delta\%$	Cohen's <i>d</i>	In. Conf. 95%	Cohen's <i>d</i>	In. Conf. 95%	MRC
CMO Cuello de la cadera (g)	T	3,1 ± 0,6	3,1 ± 0,6	-0,4%	-0,058	-0,59 / 0,48	T vs A: 0,307	-0,23 / 0,85	0,11
	A	3,3 ± 0,5	3,3 ± 0,7	0,4%	0,098	-0,42 / 0,68	T vs C: -0,018	-0,53 / 0,50	
	C	3,2 ± 0,5	3,1 ± 0,5	-2,8%	-0,133	-0,62 / 0,37	A vs C: -0,334	-0,86 / 0,19	
DMO Cuello de la cadera (g/m ²)	T	0,7 ± 0,1	0,7 ± 0,1	-0,4%	-0,143	-0,68 / 0,39	T vs A: 0,681	0,11 / 1,22	0,02
	A	0,7 ± 0,1	0,7 ± 0,1	1,3%	0,593	-0,01 / 1,10	T vs C: 0,501	-0,51 / 0,52	
	C	0,7 ± 0,1	0,7 ± 0,1	-0,4%	-0,412	-0,89 / 0,11	A vs C: 0,693	-1,25 / -0,18	
T-Score Cuello de la cadera (de)	T	-1,7 ± 0,8	-1,7 ± 0,8	1,3%	0,285	-0,25 / 0,82	T vs A: 0,575	-0,28 / 0,81	0,17
	A	-1,6 ± 0,9	-1,5 ± 0,7	-5,0%	0,418	-0,17 / 0,93	T vs C: 0,535	-0,39 / 0,64	
	C	-1,6 ± 0,9	-1,6 ± 0,8	1,8%	0,144	-0,36 / 0,64	A vs C: -0,132	-0,65 / 0,39	
CMO Trocánter (g)	T	6,3 ± 1,5	6,3 ± 1,2	-0,4%	-0,038	-0,57 / 0,50	T vs A: 0,131	-0,41 / 0,67	0,34
	A	6,7 ± 1,9	6,7 ± 1,8	0,1%	-0,045	-0,58 / 0,51	T vs C: -0,083	-0,60 / 0,43	
	C	6,1 ± 1,7	6,2 ± 1,2	2,4%	0,072	-0,44 / 0,56	A vs C: -0,200	-0,72 / 0,32	
DMO Trocánter (g/m ²)	T	0,6 ± 0,1	0,6 ± 0,1	-0,6%	-0,375	-0,93 / 0,15	T vs A: 0,151	-0,39 / 0,69	0,02
	A	0,6 ± 0,1	0,6 ± 0,1	0,4%	0,388	-0,18 / 0,92	T vs C: 0,275	-0,24 / 0,79	
	C	0,6 ± 0,1	0,6 ± 0,1	-1,6%	-0,388	-0,87 / 0,14	A vs C: 0,124	-0,40 / 0,65	
T-Score Trocánter (de)	T	-0,9 ± 0,7	-1,0 ± 0,7	3,4%	-0,561	-1,10 / -0,0	T vs A: 0,434	-0,11 / 0,98	0,18
	A	-0,7 ± 1,0	-0,6 ± 0,9	-4,2%	0,220	-0,32 / 0,76	T vs C: 0,554	0,02 / 1,09	
	C	-0,5 ± 1,0	-0,6 ± 0,9	20,0%	-0,090	-0,58 / 0,41	A vs C: 0,115	-0,41 / 0,64	
CMO T. Ward (g)	T	0,5 ± 0,2	0,5 ± 0,2	0,6%	0,067	-0,46 / 0,60	T vs A: 0,744	0,36 / 1,50	0,03
	A	0,6 ± 0,1	0,6 ± 0,1	3,7%	0,291	-0,25 / 0,85	T vs C: 0,036	-0,48 / 0,55	
	C	0,5 ± 0,1	0,5 ± 0,1	-0,1%	-0,031	-0,53 / 0,47	A vs C: -0,933	-1,48 / -0,38	

DMO	T	0,5 ± 0,1	0,5 ± 0,1		-2,2%	-0,124	-0,66 / 0,41	T vs A: 0,636	0,08 / 1,19	
T. Ward	A	0,5 ± 0,1	0,6 ± 0,2	*	6,9%	0,500	-0,05 / 1,05	T vs C: 0,524	-0,43 / 0,60	0,02
(g/m ²)	C	0,5 ± 0,1	0,5 ± 0,1		-0,2%	-0,092	-0,59 / 0,41	A vs C: -0,506	-1,06 / 0,05	
T-Score	T	-2,0 ± 1,0	-2,1 ± 0,9		3,7%	-0,199	-0,73 / 0,34	T vs A: 0,597	0,05 / 1,15	
T. Ward	A	-1,7 ± 1,0	-1,4 ± 1,4	*	-18,6%	0,309	-0,18 / 0,91	T vs C: 0,118	-0,40 / 0,63	0,19
(de)	C	-1,9 ± 0,9	-2,0 ± 0,8		1,1%	-0,301	-0,79 / 0,22	A vs C: -0,539	-1,07 / -0,01	
CMO	T	26,1 ± 5,1	26,2 ± 5,3		0,5%	0,034	-0,50 / 0,57	T vs A: 0,630	0,08 / 1,18	
Total de la	A	28,6 ± 6,7	30,0 ± 6,7	*	5,1%	0,225	-0,32 / 0,77	T vs C: 0,389	-0,13 / 0,91	1,12
cadera (g)	C	28,0 ± 4,9	28,2 ± 5,0		0,5%	0,152	-0,35 / 0,65	A vs C: -0,309	-0,83 / 0,22	
DMO	T	0,8 ± 0,1	0,8 ± 0,1		-0,6%	-0,168	-0,71 / 0,36	T vs A: 0,682	0,13 / 1,24	
Total de la	A	0,8 ± 0,1	0,9 ± 0,1	*	1,4%	1,369	0,80 / 2,01	T vs C: 0,231	-0,29 / 0,75	0,02
cadera (g/m ²)	C	0,8 ± 0,1	0,8 ± 0,1		0,4%	0,439	-0,08 / 0,93	A vs C: -0,482	-1,01 / 0,05	
T-Score	T	-1,1 ± 0,9	-1,1 ± 0,9		2,0%	0,286	-0,25 / 0,82	T vs A: 0,469	-0,08 / 1,02	
Total de la	A	-0,8 ± 0,7	-0,7 ± 0,8	*	-12%	0,441	-0,10 / 1,01	T vs C: 0,467	-0,06 / 0,99	0,18
cadera (de)	C	-0,7 ± 1,0	-0,7 ± 0,9		-2,2%	0,117	-0,39 / 0,61	A vs C: 0,023	-0,50 / 0,55	
CMO	T	47,4 ± 8,7	47,8 ± 9,6		0,8%	0,031	-0,50 / 0,57	T vs A: 0,172	-0,37 / 0,71	
Total de la	A	48,7 ± 7,8	49,3 ± 7,7		1,2%	0,268	-0,28 / 0,81	T vs C: -0,275	-0,79 / 0,24	1,69
columna (g)	C	44,4 ± 8,7	45,3 ± 8,6		2,0%	0,258	-0,24 / 0,76	A vs C: -0,488	-1,02 / 0,04	
DMO	T	0,9 ± 0,1	0,9 ± 0,1		1,2%	0,368	0,04 / 1,13	T vs A: -0,181	-0,72 / 0,36	
Total de la	A	0,9 ± 0,1	0,9 ± 0,1		-0,6%	-0,314	-0,94 / 0,16	T vs C: -0,219	-0,74 / 0,30	0,02
columna (g/m ²)	C	0,8 ± 0,1	0,9 ± 0,1		1,3%	0,394	-0,31 / 0,69	A vs C: -0,059	-0,58 / 0,46	
T-Score	T	-1,7 ± 1,1	-1,6 ± 1,2		-4,8%	0,468	-0,06 / 1,03	T vs A: 0,019	-0,52 / 0,56	
Total de la	A	-1,5 ± 0,9	-1,6 ± 0,9		2,9%	-0,400	-0,93 / 0,17	T vs C: -0,106	-0,62 / 0,41	0,21
columna (de)	C	-1,9 ± 1,1	-1,7 ± 1,1		-5,9%	0,415	-0,10 / 0,10	A vs C: -0,139	-0,66 / 0,38	

*: Diferencias estadísticamente significativas con respecto a la medida pretest.

T: grupo de tubos elásticos; A: grupo de medio acuático; C: grupo control; Δ%: Diferencia porcentual; MRC: mínima relevancia clínica; g: gramos; g/m²: gramos por metro cuadrado; de: desviación estándar; CMO: contenido mineral óseo; DMO: densidad mineral ósea; T. Ward: triángulo de Ward.

5.4. Equilibrio estático

Los resultados postulan que la interacción ha sido significativa en todas las variables tanto el factor efecto: ROA ($F(2,184) = 17.44, p < 0.05, \eta^2 = 0.16$), ROC ($F(2,184) = 32.81, p < 0.05, \eta^2 = 0.26$), RGA ($F(2,184) = 40.27, p < 0.05, \eta^2 = 0.30$) y RGC ($F(2,184) = 30.06, p < 0.05, \eta^2 = 0.25$); como en el factor efecto*grupo: ROA ($F(6,184) = 5.61, p < 0.05, \eta^2 = 0.16$), ROC ($F(6,184) = 10.41, p < 0.05, \eta^2 = 0.25$), RGA ($F(6,184) = 8.40, p < 0.05, \eta^2 = 0.22$) y RGC ($F(6,184) = 5.63, p < 0.05, \eta^2 = 0.16$).

Ambos grupos experimentales mejoraron su equilibrio estático tras la intervención tal y como reflejan los resultados de la tabla 16. De esta manera, el GT redujo su DT en la prueba ROA de manera muy significativa ($\Delta = 34.0\%, p = 0.000$) acompañando este resultado con un tamaño del efecto mediano ($d = 0.52$). Estas mejoras fueron, sin embargo, inferiores a las obtenidas por el GA quien redujo en un 48.1% su DT ($p = 0.000$) con un tamaño del efecto grande ($d = 0.95$). Esta circunstancia se repitió en la prueba ROC ya que, pese a que ambos grupos mejoraron de manera estadísticamente muy significativa su DT, los resultados del GA ($\Delta = 52.8\%, p = 0.000, d = 1.16$) fueron superiores a los del GT ($\Delta = 44.1\%, p = 0.000, d = 0.97$).

La situación cambia cuando se le añade la gomaespuma a la prueba de equilibrio, ya que es el GT quien experimentó resultados ligeramente más positivos. De esta manera, ambos grupos experimentales mejoraron de manera muy significativa su DT en la prueba RGA, destacando el GT ($\Delta = 50.7\%, p = 0.000$) por encima del GA ($\Delta = 45.8\%, p = 0.000$), con tamaños del efecto clasificados como grandes (GA $d = 1.12$; GT $d = 1.02$), y repitiéndose esta circunstancia en la prueba de RGC donde el GT ($\Delta = 53.7\%, p = 0.000, d = 1.09$) prevalece sobre el GA ($\Delta = 47.2\%, p = 0.000, d = 0.72$).

Por otro lado, tanto el GT como el GA superaron la MRC en las cuatro variables en el cómputo global. A nivel intra-sujeto, los resultados se corresponden con las diferencias porcentuales y los tamaños del efecto obtenidos en cada variable, siendo el GA quien mostró un mayor número de sujetos que mejoraron clínicamente en la prueba ROA con 21 (81% del total) por 20 (74% del total) del GT y tan solo 4 (13% del total) del GC, y en la prueba ROC con 23 sujetos (88% del total) por 21 del GT (78% del total) y 6 del GC (19% del total). Mientras que ambos grupos experimentales reflejaron el mismo número de sujetos que mejoraron clínicamente en la prueba RGA con 21 (81% del total en el GA y 78% del total en el GT) por 8 (26% del total) del GC, y en la prueba RGC con 23 sujetos (88% del total en el GA y 85% del total en el GT) por 9 del GC (29% del total). De cualquier manera, ambos grupos experimentales obtuvieron porcentajes muy elevados.

En cuanto a la comparación entre grupos, tanto el GT como el GA obtuvieron diferencias estadísticamente muy significativas con respecto al GC en la evaluación posttest ($p < 0.01$) en las cuatro pruebas analizadas, pero no entre ellos. No obstante, cabe destacar que, en la comparación de medias tras la intervención de 32 semanas, si existió un tamaño del efecto grande ($d > 0.8$) entre los dos grupos experimentales siendo este a favor del GA en las pruebas ROA y RGA, y a favor del GT en las pruebas ROC y RGC, lo que sugiere que ambos grupos experimentales son, en líneas generales, igualmente beneficiosos para el equilibrio estático.

Tabla 16. Resultados de las variables del equilibrio

						EQUILIBRIO				
		Pretest	Postest		$\Delta\%$	Cohen's <i>d</i>	In. Conf. 95%	Cohen's <i>d</i>	In. Conf. 95%	MRC
ROA (mm)	T	4,7 ± 2,0	3,1 ± 1,9	*#	-34,0%	-0,516	-1,05 / 0,03	T vs A: -0,233	-0,77 / 0,31	
	A	5,2 ± 2,1	2,7 ± 1,5	*#	-48,1%	-0,954	-1,40 / -0,27	T vs C: 0,968	0,42 / 1,51	0,37
	C	4,3 ± 1,5	5,1 ± 2,2		18,6%	0,509	0,14 / 1,16	A vs C: 1,254	0,68 / 1,82	
ROC (mm)	T	5,9 ± 2,8	3,3 ± 1,7	*#	-44,1%	-0,968	-1,35 / -0,24	T vs A: 0,048	-0,49 / 0,59	
	A	7,2 ± 3,6	3,4 ± 2,4	*#	-52,8%	-1,157	-1,56 / -0,41	T vs C: 1,412	0,84 / 1,99	0,56
	C	4,7 ± 1,8	5,7 ± 1,7	ψ	21,3%	0,581	0,07 / 1,09	A vs C: 1,123	0,56 / 1,68	
RGA (mm)	T	7,3 ± 2,9	3,6 ± 2,3	*#	-50,7%	-1,020	-1,49 / -0,36	T vs A: -0,205	-0,75 / 0,34	
	A	5,9 ± 2,4	3,2 ± 1,5	*#	-45,8%	-1,122	-1,41 / -0,28	T vs C: 0,999	0,45 / 1,55	0,49
	C	5,3 ± 2,1	5,6 ± 1,7		5,7%	0,318	-0,21 / 0,79	A vs C: 1,489	0,90 / 2,08	
RGC (mm)	T	6,7 ± 2,5	3,1 ± 1,9	*#	-53,7%	-1,087	-1,53 / -0,40	T vs A: 0,350	-0,19 / 0,89	
	A	7,2 ± 2,9	3,8 ± 2,1	*#	-47,2%	-0,724	-1,20 / -0,01	T vs C: 1,651	1,05 / 2,25	0,52
	C	6,4 ± 2,4	6,8 ± 2,5		6,2%	0,216	-0,28 / 0,72	A vs C: 1,289	0,72 / 1,86	

*: Diferencias estadísticamente significativas con respecto a la medida pretest.

ψ: Tendencia estadísticamente significativa con respecto a la medida pretest.

#: Diferencias estadísticamente significativas con respecto al grupo control.

T: grupo de tubos elásticos; A: grupo de medio acuático; C: grupo control; $\Delta\%$: Diferencia porcentual; MRC: mínima relevancia clínica; mm: milímetros; ROA: prueba romberg con ojos abiertos; ROC: prueba romberg con ojos cerrados; RGA: prueba romberg sobre gomaespuma con ojos abiertos; RGC: prueba romberg sobre gomaespuma con ojos cerrados.

5.5. Capacidad funcional

Los resultados postulan que la interacción ha sido significativa en todas las variables tanto en el factor efecto: FC (F (2,210) =378.40, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.78$), PS (F (2,210) =306.63, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.75$), UG (F (2,210) =115.51, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.52$), TM6' (F (2,210) =77.42, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.43$); como en el factor efecto*grupo: FC (F (6,210) =41.22, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.54$), PS (F (6,200) =45.75, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.58$), UG (F (6,210) =13.87, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.28$), TM6' (F (6,210) =14.07, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.29$).

Como se puede observar en la tabla 17, 32 semanas de intervención de fuerza resultan efectivos para mejorar la capacidad funcional indistintamente del uso de material elástico, o del entrenamiento en el medio acuático. Tanto el GT como el GA obtuvieron mejoras estadísticamente muy significativas en la fuerza de las extremidades superiores analizada a través de la prueba FC, siendo la diferencia de medias ligeramente superior en el GT y el tamaño del efecto en el GA (GT: $\Delta = 74.7\%$, $p = 0.000$, $d = 2.48$; GA: $\Delta = 71.8\%$, $p = 0.000$, $d = 2.90$). Esta circunstancia se repitió en la agilidad y equilibrio dinámicos evaluado a través del test UG (GT: $\Delta = 27.0\%$, $p = 0.000$, $d = 1.82$; GA: $\Delta = 24.6\%$, $p = 0.000$, $d = 2.31$), y fue similar en la distancia total recorrida registrada por el TM6' (GT: $\Delta = 14.2\%$, $p = 0.000$, $d = 1.93$; GA: $\Delta = 11.7\%$, $p = 0.000$, $d = 1.76$). Sin embargo, la intervención realizada con tubos elásticos resultó aún más efectiva que la ejercida en el medio acuático para mejorar la fuerza de las extremidades inferiores evaluada por la prueba PS, ya que pese a que el GA obtuvo aumentos estadísticamente muy significativos ($\Delta = 95.7\%$, $p = 0.000$) acompañados de un tamaño del efecto grande ($d = 2.99$), los del GT, pese a contar con un tamaño del efecto ligeramente inferior, fueron superiores ($\Delta = 110.2\%$, $p = 0.000$, $d = 2.90$) existiendo a su vez, una diferencia estadísticamente significativa en la comparación de sus medias en la evaluación posttest ($p = 0.018$, $d = 0.86$).

En el cómputo global, ambos grupos experimentales superaron con holgura la MRC en todas las variables. En las pruebas FC y UG 26 sujetos del GT (96% del total) mejoraron clínicamente por otros 26 del GA (100%) mientras que del GC 15 sujetos mejoraron (48% del total) en la FC y 11 (35% del total) en la UG. En las pruebas PS y TM6' el 100% de sujetos tanto del GT como del GA mejoraron clínicamente por 12 del GC (39% del total) en la PS, y tan solo 9 en la TM6' (29% del total).

Cabe destacar que, en el factor entre grupos, tanto el GT como el GA obtuvieron diferencias estadísticamente muy significativas con respecto al GC tras la intervención de 32 semanas en todas las variables analizadas de la capacidad funcional ($p = 0.000$) acompañados de un tamaño del efecto entorno al grande ($d = 0.8$).

Tabla 17. Resultados de las variables de capacidad funcional

		PRUEBAS FUNCIONALES								
		Pretest	Postest		$\Delta\%$	Cohen's <i>d</i>	In. Conf. 95%	Cohen's <i>d</i>	In. Conf. 95%	MRC
FC (rep)	T	17,4 ± 3,5	30,4 ± 4,6	*#	74,7%	2,481	2,17 / 3,71	T vs A: -0,114	-0,63 / 0,40	0,90
	A	17,4 ± 4,2	29,9 ± 4,2	*#	71,8%	2,897	2,11 / 3,67	T vs C: -2,454	-3,14 / -1,77	
	C	17,7 ± 5,4	18,3 ± 5,2		3,4%	0,156	-0,35 / 0,65	A vs C: -2,431	-3,12 / -1,75	
PS (rep)	T	12,8 ± 2,9	26,9 ± 5,6	*#	110,2%	2,903	3,44 / 5,42	T vs A: -0,864	-1,43 / -0,30	0,72
	A	11,5 ± 2,3	22,5 ± 4,5	*# ϕ	95,7%	2,986	3,58 / 5,66	T vs C: -2,553	-3,25 / -1,86	
	C	14,0 ± 4,8	13,4 ± 5,0	*	-4,3%	-0,277	-0,78 / 0,22	A vs C: -1,904	-2,53 / -1,28	
UG (s)	T	6,3 ± 0,8	4,6 ± 0,4	*#	-27,0%	-1,823	-2,04 / -0,84	T vs A: 0,591	0,04 / 1,14	0,33
	A	6,5 ± 0,8	4,9 ± 0,6	*#	-24,6%	-2,313	-2,77 / -1,42	T vs C: 1,326	0,76 / 1,90	
	C	6,2 ± 2,5	6,1 ± 1,5		-1,6%	-0,328	-0,77 / 0,23	A vs C: 1,017	0,46 / 1,57	
TM6' (m)	T	531,7 ± 45,6	607,4 ± 46,1	*#	14,2%	1,930	1,29 / 2,59	T vs A: -0,788	-1,35 / -0,23	13,33
	A	511,7 ± 39,3	572,5 ± 42,3	*#	11,7%	1,761	1,18 / 2,48	T vs C: -1,537	-2,12 / -0,95	
	C	510,2 ± 94,4	504,8 ± 80,5		-1,3%	0,171	-0,34 / 0,66	A vs C: -1,027	-1,58 / -0,47	

*: Diferencias estadísticamente significativas con respecto a la medida pretest.

#: Diferencias estadísticamente significativas con respecto al grupo control.

ϕ : Diferencias estadísticamente significativas con respecto al grupo de tubos.

T: grupo de tubos elásticos; A: grupo de medio acuático; C: grupo control; $\Delta\%$: Diferencia porcentual; MRC: mínima relevancia clínica; rep: repeticiones; s: segundos; m: metros.

5.6. Fuerza isométrica

Los resultados postulan que la interacción ha sido significativa en todas las variables tanto en el factor efecto: RV ($F(2,212) = 151.52, p < 0.05, \eta^2 = 0.59$), PSA ($F(2,212) = 176.77, p < 0.05, \eta^2 = 0.63$), ET ($F(2,210) = 146.40, p < 0.05, \eta^2 = 0.58$); como en el factor efecto*grupo: RV ($F(6,212) = 25.42, p < 0.05, \eta^2 = 0.42$), PSA ($F(6,208) = 28.07, p < 0.05, \eta^2 = 0.45$), ET ($F(6,210) = 22.49, p < 0.05, \eta^2 = 0.39$).

Analizando la FMVI generada en las tres pruebas de evaluación del estudio, tal y como se puede observar en la tabla 18, 32 semanas de intervención de fuerza fueron suficientes para obtener mejoras estadísticamente muy significativas tanto en las extremidades superiores, como en las inferiores y el tronco sin importar si el entrenamiento se realizó utilizando tubos elásticos en el medio terrestre o con dispositivos de arrastre ejecutándolo en el medio acuático. Se podría matizar examinando los resultados de la tabla, que el aumento de la FMVI obtenida por el GA en la prueba RV ($\Delta = 78.1\%, p = 0.000, d = 2.37$) fue superior a la del GT ($\Delta = 68.3\%, p = 0.000, d = 1.72$), mientras que la obtenida en la prueba PSA ($\Delta = 93.2\%, p = 0.000, d = 1.80$), fue inferior ($\Delta = 103.2\%, p = 0.000, d = 2.38$). Finalmente, en la prueba ET, ambos grupos obtuvieron resultados similares tanto en porcentaje de ganancia como en el tamaño del efecto (GT: $\Delta = 63.6\%, p = 0.000, d = 1.42$; GA: $\Delta = 58.1\%, p = 0.000, d = 2.50$).

La MRC fue superada ampliamente en el cómputo global por los dos grupos experimentales en las tres pruebas evaluadas. El 100% de miembros del GA mejoraron clínicamente tanto en la prueba RV como en la PSA, mientras que 25 (96% del total) mejoraron en la ET. Por su parte, 25 miembros del GT (93% del total) mejoraron en la prueba RV, 26 (96% del total) mejoraron en la PSA, y 24 (89% del total) mejoraron en la ET. Finalmente, solo 10 miembros del GC (32% del total) experimentaron mejoras clínicas en la prueba RV, 7 (23% del total) en la PSA y 11 (35% del total) en la ET.

Por otro lado, en cuanto al factor entre grupos, ambos grupos experimentales obtuvieron diferencias estadísticamente muy significativas y un tamaño del efecto grande ($d > 0.8$) con respecto al GC en las tres condiciones evaluadas ($p < 0.01$), pero no entre sí. Únicamente, destaca un tamaño del efecto mediano comparando las medias del GT y el GA en la prueba RV ($d = 0.58$).

Tabla 18. Resultados de las variables de fuerza isométrica

		FUERZA ISOMÉTRICA								
		Pretest	Postest		$\Delta\%$	Cohen's <i>d</i>	In. Conf. 95%	Cohen's <i>d</i>	In. Conf. 95%	MRC
RV (kg)	T	26,5 ± 9,8	44,6 ± 10,9	*#	68,3%	1,720	1,19 / 2,46	T vs A: -0,579	-1,13 / -0,03	
	A	21,9 ± 6,8	39,0 ± 8,2	*#	78,1%	2,368	1,88 / 3,36	T vs C: -1,869	-2,49 / -1,25	1,96
	C	26,7 ± 11,7	25,1 ± 10,0		-6,0%	-0,550	-1,02 / -0,01	A vs C: -1,507	-2,10 / -0,92	
PSA (kg)	T	139,3 ± 49,7	283,1 ± 103,7	*#	103,2%	2,383	2,99 / 4,81	T vs A: -0,452	-0,10 / 0,09	
	A	123,2 ± 70,3	238,0 ± 95,5	*#	93,2%	1,804	1,47 / 2,84	T vs C: -1,424	-2,00 / -0,85	14,80
	C	166,2 ± 92,3	159,0 ± 69,7		-4,3%	-0,133	-0,62 / 0,38	A vs C: -0,958	-1,51 / -0,41	
ET (kg)	T	24,7 ± 9,1	40,4 ± 7,6	*#	63,6%	1,416	0,72 / 1,90	T vs A: 0,309	-0,23 / 0,85	
	A	27,2 ± 7,7	43,0 ± 9,2	*#	58,1%	2,495	1,99 / 3,52	T vs C: -1,072	-1,62 / -0,52	2,17
	C	30,3 ± 14,0	29,4 ± 12,1		-3,0%	-0,145	-0,63 / 0,36	A vs C: -1,250	-1,82 / -0,68	

*: Diferencias estadísticamente significativas con respecto a la medida pretest.

#: Diferencias estadísticamente significativas con respecto al grupo control.

§: Tendencia estadísticamente significativa con respecto al grupo control.

T: grupo de tubos elásticos; A: grupo de medio acuático; C: grupo control; $\Delta\%$: Diferencia porcentual; MRC: mínima relevancia clínica; kg: kilogramos; RV: remo vertical; PSA: prensa de piernas; ET: extensión de tronco.

5.7. Fuerza isocinética

Por un lado, los resultados postulan que la interacción no ha sido significativa en el factor efecto en las variables AB. CAD. 180° ($F(2,118) = 0.08, p > 0.05, \eta^2 = 0.01$), AB. CAD. 60° ($F(2,118) = 2.32, p > 0.05, \eta^2 = 0.19$) y FLEX. HOM. 180° ($F(2,118) = 1.56, p > 0.05, \eta^2 = 0.03$), pero si en las variables EX. ROD. 180° ($F(2,118) = 25.06, p < 0.05, \eta^2 = 0.30$), EX. ROD. 60° ($F(2,118) = 12.10, p < 0.05, \eta^2 = 0.17$) y FLEX. HOM. 60° ($F(2,118) = 7.06, p < 0.05, \eta^2 = 0.11$).

Por otro, que la interacción no ha sido significativa en el factor efecto*grupo en la variable AB. CAD 180° ($F(6,118) = 2.05, p > 0.05, \eta^2 = 0.09$), pero si en las variables AB. CAD 60° ($F(6,118) = 4.68, p < 0.05, \eta^2 = 0.19$), EX. ROD. 180° ($F(6,118) = 4.10, p < 0.05, \eta^2 = 0.17$), EX. ROD 60° ($F(6,118) = 2.41, p < 0.05, \eta^2 = 0.11$), FLEX. HOM. 180° ($F(6,118) = 2.62, p < 0.05, \eta^2 = 0.12$) y FLEX. HOM. 60° ($F(6,118) = 2.10, p < 0.05, \eta^2 = 0.10$).

Por lo que respecta a las variables de fuerza isocinética, tal y como refleja la tabla 19, el GA es nuevamente quien obtuvo los resultados más destacables en todas ellas. En la prueba de la abducción de la cadera a una velocidad de 180° el GT obtuvo una mejora no significativa de un 9.7% con respecto a su medida basal ($p > 0.05$), obteniendo a su vez, un tamaño del efecto pequeño ($d = 0.21$). Por su parte, el GA superó este resultado aumentando su *Peak Torque* en un 41% respecto a la medida basal ($p = 0.046$) con un tamaño del efecto también ligeramente superior al del GT ($d = 0.25$). La misma prueba realizada a una velocidad de 60° reflejó resultados similares, con un aumento no significativo del *Peak Torque* del GT de un 9.7% respecto a la medida basal ($p > 0.05$), acompañado en consonancia con un tamaño del efecto pequeño ($d = 0.26$), siendo superado igualmente por el GA quien aumentó en un 39.5% su *Peak Torque* ($p = 0.018$) con un tamaño del efecto entorno al medio ($d = 0.43$). En lo que se refiere a la MRC, ambos grupos experimentales la superaron con claridad en el cómputo global, con 17

sujetos del GA (65% del total) que mejoraron a 180°, y 19 sujetos (73% del total) a 60°, por 16 que mejoraron del GT (59% del total) en ambas velocidades, y por 9 sujetos del GC (29% del total) a 180° y 12 (39% del total) a 60°. En cuanto al análisis teniendo en cuenta el factor entre grupos, solo el GA obtuvo diferencias estadísticamente significativas con respecto al GC en la medida posttest en la abducción de cadera a velocidad de 180° ($p = 0.006$) con un tamaño del efecto grande en la comparación de sus medias ($d = 1.77$). Por su parte, el GT pese a no contar con el respaldo de un valor de p significativo, si reflejó un tamaño del efecto grande con respecto al GC ($d = 1.22$) aunque inferior al logrado por el GA. Paralelamente, pese a que el dominio del GA no se tradujo en una diferencia estadísticamente significativa con respecto al GT, sí que se puede observar que pese a partir de una medida basal inferior, tras la intervención obtuvo resultados que le permitieron generar un tamaño del efecto mediano con respecto a este último ($d = 0.55$). La misma prueba realizada a una velocidad de 60° trajo consigo en esta ocasión una diferencia estadísticamente significativa entre el GT y el GC ($p = 0.010$) acompañado de un tamaño del efecto grande ($d = 1.28$). El GA también obtuvo diferencias estadísticamente significativas con respecto al GC ($p = 0.001$, $d = 1.75$), pero no con respecto al GT, si bien, nuevamente se da la circunstancia de que, partiendo de una medida basal inferior, su crecimiento tras la intervención propició un tamaño del efecto mediano entre sus medias ($d = 0.57$).

En la prueba de extensión de rodilla teniendo en cuenta el factor pre y posttest, los dos grupos experimentales aumentaron de manera estadísticamente significativa su *Peak Torque* tanto a una velocidad de 180° como de 60°. En consonancia con los resultados anteriores, los parámetros obtenidos del GA con un aumento del 24.3% ($p = 0.000$, $d = 1.83$) superaron los del GT quien incremento su *Peak Torque* un 17.1% ($p = 0.000$, $d = 1.20$) en la prueba ejecutada a 180°. Nuevamente, en la prueba ejecutada a una velocidad

de 60° se observa que el incremento que obtuvo el GT ($\Delta = 12.2\%$, $p = 0.001$, $d = 1.06$) no iguala el generado por el GA ($\Delta = 21.4\%$, $p = 0.000$, $d = 2.45$), pero si permite que llegue a ser estadísticamente muy significativo ($p < 0.01$). Nuevamente, los dos grupos experimentales superaron con claridad la MRC de manera global, y siendo el porcentaje de mejora a nivel intra-sujeto ligeramente superior en el GA con 19 sujetos (73% del total) que mejoraron a 180° y 25 (96% del total) a 60°, por 15 sujetos del GT (56% del total) que mejoraron a 180° y 16 (59% del total) a 60°, y por únicamente 3 sujetos que mejoraron del GC (10% del total) a 180° y 6 (19% del total) a 60°. En cuanto al factor entre grupos, ni el GT ni el GA obtuvieron diferencias estadísticamente significativas con respecto al GC ($p > 0.05$), siendo esta circunstancia no del todo correspondida por el tamaño del efecto, ya que ambos grupos obtuvieron una d de tamaño mediano al comparar sus medias con la del GC (GT: $d = 0.52$; GA: $d = 0.52$) en la prueba ejecutada a 180°. Por otro lado, únicamente el GA obtuvo diferencias estadísticamente significativas en comparación al GC en la prueba ejecutada a 60° ($p = 0.046$) acompañadas de un tamaño del efecto grande ($d = 0.84$) superior al resultante de la comparación entre el GA y GC ($d = 0.52$) la cual pese su tamaño mediano del efecto, no generó diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$). No existieron diferencias estadísticamente significativas entre grupos experimentales ni a 180° ni a 60°, si bien en esta última, si se produjo un tamaño del efecto entorno al mediano entre ambos ($d = 0.46$) lo que permite destacar la efectividad del entrenamiento en el medio acuático sobre el realizado con material elástico.

Finalmente, en la prueba de flexión de hombro, solo el GA obtuvo mejoras estadísticamente significativas tras su ejecución a las dos velocidades (180°: $\Delta = 29.2\%$, $p = 0.028$; 60°: $\Delta = 39.7\%$, $p = 0.004$). El GT por su parte, sí que llegó a mostrar una tendencia a la mejora (180°: $\Delta = 17.1\%$, $p = 0.093$) sin llegar a ser significativa, pero lo

suficientemente positiva para que le permitiera obtener otra tendencia con respecto al GC ($p = 0.119$). En la prueba a 180° , el GT generó también una tendencia a la mejora (60° : $\Delta = 19.6\%$, $p = 0.051$) no significativa, siendo estos resultados secundados por el tamaño del efecto logrado tras la intervención, ya que fue de tamaño pequeño en las dos velocidades (180° : $d = 0.24$; 60° : $d = 0.31$), y, siendo dicho tamaño inferior al resultante de la intervención del GA (180° : $d = 0.49$; 60° : $d = 0.61$). Tanto el GA como el GT superaron la MRC a ambas velocidades de manera global, y tal y como ya ocurrió en las variables anteriores, a nivel intra-sujeto el porcentaje de mejora ha sido ligeramente superior en el GA con 19 sujetos que mejoraron en ambas velocidades (73% del total), por los 17 sujetos que mejoraron del GT a 180° (63% del total) y los 18 que mejoraron a 60° (67% del total), y por los discretos 6 sujetos que mejoraron del GC a 180° (19% del total) y los 10 que mejoraron a 60° (32% del total). En cuanto al factor entre grupos, únicamente el GA obtuvo diferencias estadísticamente significativas con respecto al GC tanto en la prueba ejecutaba a una velocidad de 180° ($p = 0.005$) como a 60° ($p = 0.023$), siendo estos resultados respaldados por el tamaño del efecto grande resultante en la comparación de sus medidas posttest (180° : $d = 1.30$; 60° : $d = 0.89$). Por su parte, el GT solo reflejó la tendencia anteriormente mencionada en la ejecución a 180° con respecto al GC, no obstante, nuevamente el tamaño del efecto resultante de esta comparación concede relevancia a la intervención con material elástico ya que es de tamaño grande a la velocidad de 180° ($d = 0.82$) y mediana a la de 60° ($d = 0.50$). No existieron diferencias estadísticamente significativas entre grupos experimentales ($p > 0.05$) pese a que una vez más, el tamaño del efecto permite destacar la intervención realizada en el medio acuático como la más efectiva para mejorar el *Peak Torque* de las extremidades superiores ya que en la comparación de medias con el GA se generó un tamaño del efecto mediano en las dos velocidades (180° : $d = 0.61$; 60° : $d = 0.46$).

Tabla 19. Resultados de las variables de fuerza isocinética

		FUERZA ISOCINÉTICA								
		Pretest	Postest		$\Delta\%$	Cohen's <i>d</i>	In. Conf. 95%	Cohen's <i>d</i>	In. Conf. 95%	MRC
AB. CAD. 180° (N·m)	T	34,9 ± 14,0	38,3 ± 8,7	§	9,7%	0,206	-0,36 / 0,71	T vs A: 0,549	0,01 / 1,10	
	A	30,7 ± 13,2	43,3 ± 9,5	*#	41,0%	0,247	-0,33 / 0,76	T vs C: -1,223	-1,79 / -0,66	2,53
	C	32,2 ± 10,8	28,6 ± 7,2		-11,2%	-0,196	-0,67 / 0,33	A vs C: -1,766	-2,38 / -1,15	
AB. CAD. 60° (N·m)	T	61,6 ± 24,8	67,6 ± 17,1	#	9,7%	0,259	-0,31 / 0,76	T vs A: 0,569	0,02 / 1,12	
	A	55,9 ± 30,9	78,0 ± 19,4	*#	39,5%	0,429	-0,19 / 0,91	T vs C: -1,278	-1,84 / -0,71	4,88
	C	41,9 ± 16,7	44,2 ± 19,3		5,5%	0,146	-0,34 / 0,66	A vs C: -1,747	-2,36 / -1,14	
EX. ROD. 180° (N·m)	T	47,4 ± 12,5	55,5 ± 10,0	*	17,1%	1,197	0,51 / 1,66	T vs A: -0,133	-0,67 / 0,41	
	A	43,6 ± 13,6	54,2 ± 9,6	*	24,3%	1,826	0,15 / 1,28	T vs C: -0,523	-1,05 / 0,01	2,81
	C	47,9 ± 15,6	49,1 ± 13,9		2,5%	0,149	-0,36 / 0,64	A vs C: -0,520	-0,95 / 0,11	
EX. ROD. 60° (N·m)	T	77,0 ± 18,4	86,4 ± 15,9	*	12,2%	1,062	0,43 / 1,56	T vs A: 0,460	-0,09 / 1,01	
	A	78,1 ± 22,7	94,8 ± 20,4	*#	21,4%	2,453	1,63 / 3,04	T vs C: -0,516	-1,04 / 0,01	4,49
	C	75,3 ± 25,2	75,5 ± 24,8		0,3%	0,057	-0,44 / 0,56	A vs C: -0,843	-1,39 / -0,30	
FLEX. HOM. 180° (N·m)	T	36,3 ± 14,0	42,5 ± 7,1	ψ§	17,1%	0,241	-0,15 / 0,93	T vs A: 0,610	0,06 / 1,16	
	A	36,6 ± 16,1	47,3 ± 8,6	*#	29,2%	0,491	-0,35 / 0,74	T vs C: -0,820	-1,36 / -0,28	2,81
	C	39,3 ± 12,2	35,7 ± 9,2		-9,2%	-0,215	-0,69 / 0,31	A vs C: -1,299	-1,87 / -0,73	
FLEX. HOM. 60° (N·m)	T	32,1 ± 14,6	38,4 ± 10,3	ψ	19,6%	0,313	-0,27 / 0,81	T vs A: 0,456	-0,09 / 1,00	
	A	31,0 ± 11,2	43,3 ± 11,2	*#	39,7%	0,606	0,05 / 1,16	T vs C: -0,498	-1,02 / 0,03	2,40
	C	31,8 ± 9,9	32,6 ± 12,7		2,5%	0,115	-0,37 / 0,63	A vs C: -0,889	-1,44 / -0,34	

*: Diferencias estadísticamente significativas con respecto a la medida pretest.

ψ: Tendencia estadísticamente significativa con respecto a la medida pretest.

#: Diferencias estadísticamente significativas con respecto al grupo control.

§: Tendencia estadísticamente significativa con respecto al grupo control.

T: grupo de tubos elásticos; A: grupo de medio acuático; C: grupo control; $\Delta\%$: Diferencia porcentual; MRC: mínima relevancia clínica; N·m: newtons por metro; AB. CAD.: abducción de cadera; EX. ROD.: extensión de rodilla; FLEX. HOM.: flexión de hombro.

5.8. Bienestar físico, psicológico y social

Tras 32 semanas de entrenamiento de fuerza, tanto el GT como el GA experimentaron cambios en las variables que analizaban las dimensiones de la salud física y de la salud anual. No obstante, únicamente el GA reflejó cambios en las variables que analizaban la salud mental, tal y como se recoge en la tabla 20.

Salud Física

Teniendo en cuenta el factor pre y postest, el GA experimentó mejoras estadísticamente significativas acompañadas de tamaños del efecto grandes o entorno a grandes en las cuatro variables que analizan la dimensión de la salud física (Salud general: $\Delta = 25.7\%$, $p = 0.001$, $g = 0.77$; Función física: $\Delta = 22.1\%$, $p = 0.000$, $g = 1.10$; Rol físico: $\Delta = 41.5\%$, $p = 0.001$, $g = 0.76$; Dolor corporal: $\Delta = 41,7\%$, $p = 0.000$, $g = 0.87$). Por su parte el GT experimentó cambios similares (Salud general: $\Delta = 23.1\%$, $p = 0.001$, $g = 0.58$; Función física: $\Delta = 10.3\%$, $p = 0.003$, $g = 0.88$; Dolor corporal: $\Delta = 20.9\%$, $p = 0.035$, $g = 0.46$), si bien, en la variable Rol físico, la mejora de un 13% que generó, acompañada de un tamaño del efecto pequeño ($g = 0.23$) no fue suficiente para que el cambio fuera estadísticamente significativo ($p > 0.05$). Si tenemos en cuenta las diferencias porcentuales, los cambios generados por el GA aparentan ser superiores a los del GT, pero cabe destacar que en las variables Función física y Rol físico, la medida basal del GT era superior al resto, mientras que la medida postest es similar a la del GA. A su vez, el tamaño del efecto es pequeño en la comparación de sus medias en la mayoría de variables, aproximándose a un tamaño mediano únicamente en la Función física ($g = .44$). Tanto el GT como el GA superaron la MRC en el cómputo global en las cuatro variables de la salud física. En la Salud general, 19 sujetos superaron la MRC tanto en el GT (70% del total) como en el GA (73% del total), por 12 del GC (39% del total). En la Función física 21 sujetos del GT (78% del total) superaron la MRC, por 20 del GA (77%

del total) y solo 3 del GC (10%). En el Rol físico fue el GA quien contó con más sujetos que obtuvieron resultados clínicamente relevantes con 20 (77% del total) por 18 del GT (67% del total), y otros 3 del GC (10%). Finalmente, en el Dolor corporal es nuevamente el GA quien posee un mayor número de sujetos que superaron la MRC con 19 (73% del total) por 14 del GT (52% del total) y 8 del GC (26% del total).

Por otro lado, ambos grupos experimentales obtuvieron diferencias estadísticamente muy significativas con respecto al GC en la Función física (GT: $p = 0.000$, $g = 1.06$; GA: $p = 0.007$, $g = 0.70$), en el Rol físico (GT: $p = 0.033$, $g = 0.72$; GA: $p = 0.029$, $g = 0.71$), y en el Dolor corporal (GT: $p = 0.010$, $g = 0.91$; GA: $p = 0.003$, $g = 0.89$), no dándose esta circunstancia en la Salud general, si bien, el tamaño del efecto obtenido por los dos grupos de estudio en comparación con el GC alcanzó, al menos, un tamaño mediano (GT: $g = 0.63$; GA: $g = 0.54$).

Salud Mental

Únicamente el GA experimentó mejoras estadísticamente significativas acompañadas de tamaños grandes del efecto en las cuatro variables que analizan la dimensión de la salud mental (Rol emocional: $\Delta = 47.5\%$, $p = 0.006$, $g = 0.73$; Función social: $\Delta = 13.2\%$, $p = 0.032$, $g = 0.57$; Vitalidad: $\Delta = 30.5\%$, $p = 0.000$, $g = 1.02$; Salud mental: $\Delta = 16.2\%$, $p = 0.017$, $g = 0.61$), si bien, al igual que ocurrió en la dimensión de la Salud física, el GT partió de medidas basales superiores en el Rol emocional y la Vitalidad. Es importante añadir que en la Salud mental generó una tendencia hacia la mejora ($\Delta = 11.4\%$, $p = 0.116$, $d = 0.35$), y que en el resto, pese a no obtener diferencias significativas, el tamaño del efecto resultante del factor pre postest si fue grande (Rol emocional: $\Delta = 7.6\%$, $g = 0.13$; Función social: $\Delta = 5.1\%$, $g = 0.19$; Vitalidad: $\Delta = 11.4\%$, $g = 0.31$). Únicamente el GA superó la MRC de manera global en las cuatro variables, pues en el GT solo se dio esta circunstancia en las variables Vitalidad y Salud mental. A

nivel intra-sujeto, 14 sujetos del GA (54% del total) superaron la MRC, por 6 del GT (22% del total), y 3 del GC (10% del total). En la Función social mejoraron 15 sujetos del GA (58% del total) por 8 del GT (31% del total) y 5 del GC (16% del total). En la Vitalidad existe un mayor equilibrio con 20 sujetos que mejoran del GA (77% del total) por 17 del GT (63% del total) y 9 del GC (29% del total). Finalmente, 19 (73% del total) sujetos del GA mejoran en la Salud mental, por 17 (63% del total) del GT y otros 9 del GC (29% del total). Estos resultados van en consonancia a los anteriormente expuestos.

A diferencia de lo acontecido en la dimensión de la salud física, no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos experimentales con respecto al GC, si bien, sí que mostraron un tamaño del efecto grande resultante de la comparación de sus medias post.

Salud Anual

Este ítem de una sola pregunta evaluó la transición de salud respecto a un año, permitiendo conocer la evolución de la percepción de la salud con respecto a la medida pretest tras el protocolo de entrenamiento.

En este sentido, ambos grupos experimentales mejoraron de manera significativa con respecto a su media basal, siendo la progresión del GA superior a la del GT tanto en su diferencia porcentual (GT: $\Delta = 33.4\%$, $p = 0.000$; GA: $\Delta = 78.1\%$, $p = 0.000$), como en su tamaño del efecto (GT: $g = 0.70$; GA: $g = 1.45$). En cuanto a la MRC, ambos grupos experimentales la superaron con claridad en el cómputo global, y en consonancia a los resultados ya expuestos, el GA mostró a nivel intra-sujeto, un mayor número de participantes que obtuvo resultados clínicamente relevantes tras el entrenamiento llegando a una cifra de 25 (93% del total), por 17 del GT (63% del total) y tan solo 4 del GC (13% del total).

En cuanto al factor entre grupos, ambos grupos experimentales obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) con respecto al GC, con tamaños del efecto muy grandes (GT: $g = 1.38$; GA: $g = 2.33$), siendo la mejora del GA lo suficientemente elevada para obtener también diferencias respecto al GT y un tamaño del efecto mediano ($g = 0.66$).

Tabla 20. Resultados de las variables del bienestar

SALUD PSICOLÓGICA

		25		Mediana		75			Hedges'g		MRC
		pre	post	pre	post	pre	post		intra	entre	
SG (ptos)	T	45,0	55,0	55,0	75,0	70,0	90,0	*	0,580	T vs A: 0,045	3,76
	A	41,3	55,0	55,0	70,0	68,8	85,0	*	0,774	T vs C: 0,631	
	C	45,0	50,0	60,0	55,0	75,0	75,0		0,273	A vs C: 0,544	
FF (ptos)	T	72,5	80,0	85,0	95,0	95,0	100	*#	0,878	T vs A: 0,438	3,93
	A	46,3	65,0	75,0	90,0	83,8	100	*#	1,103	T vs C: 1,058	
	C	55,0	35,0	80,0	80,0	90,0	85,0	*	0,512	A vs C: 0,698	
RF (ptos)	T	75,0	100	100	100	100	100	#	0,234	T vs A: 0,016	7,92
	A	31,3	100	62,5	100	100	100	*#	0,760	T vs C: 0,716	
	C	25,0	0,0	100	100	100	100		0,069	A vs C: 0,707	
DC (ptos)	T	51,3	67,5	67,5	80,0	80,0	100	*#	0,461	T vs A: 0,000	5,08
	A	32,5	65,0	57,5	80,0	77,5	100	*#	0,868	T vs C: 0,910	
	C	57,5	26,9	70,0	67,5	80,0	80,0		0,352	A vs C: 0,892	
RE (ptos)	T	66,7	66,7	100	100	100	100		0,127	T vs A: 0,330	7,73
	A	0,0	100	66,7	100	100	100	*	0,732	T vs C: 0,200	
	C	66,7	8,33	100	100	100	100		0,336	A vs C: 0,495	
FS (ptos)	T	62,5	87,5	87,5	100	100	100		0,188	T vs A: 0,088	4,02
	A	50,0	75,0	81,3	87,5	100	100	*	0,568	T vs C: 0,073	
	C	84,4	75,0	100	100	100	100		0,152	A vs C: 0,008	
VT (ptos)	T	47,5	58,8	58,8	73,8	78,8	93,8		0,309	T vs A: 0,240	4,08
	A	37,2	52,5	53,8	68,8	62,5	78,8	*	1,022	T vs C: 0,734	
	C	47,5	42,5	70,6	55,6	80,0	71,6		0,211	A vs C: 0,508	
SM (ptos)	T	53,5	67,0	67,0	79,0	81,0	92,0	ψ	0,350	T vs A: 0,014	3,79
	A	45,3	64,0	61,5	76,0	82,8	92,0	*	0,611	T vs C: 0,306	
	C	65,0	58,5	77,0	75,5	91,0	79,8		0,306	A vs C: 0,316	
EV. AN. (ptos)	T	50,0	50,0	50,0	75,0	50,0	75,0	*#	0,702	T vs A: 0,661	3,38
	A	25,0	75,0	50,0	75,0	50,0	100	*#φ	1,454	T vs C: 1,383	
	C	25,0	25,0	50,0	50,0	50,0	50,0		0,000	A vs C: 2,333	

*: Diferencias estadísticamente significativas con respecto a la medida pretest.

ψ: Tendencia estadísticamente significativa con respecto a la medida pretest.

#: Diferencias estadísticamente significativas con respecto al grupo control.

φ: Diferencias estadísticamente significativas con respecto al grupo de tubos.

SG: salud general; FF: función física; RF: rol físico; DC: dolor corporal; RE: rol emocional; FS: función social; VT: vitalidad; SM: salud mental; EV. AN.: evaluación anual; 25: percentil 25; 75: percentil 75; T: grupo de tubos elásticos; A: grupo de medio acuático; C: grupo control; MRC: mínima relevancia clínica; ptos: puntos.

Capítulo 6

Discusión

Desde nuestro conocimiento, este es el primer estudio en el que se analizan los efectos sobre la composición corporal, hueso, rendimiento motor y bienestar de mujeres mayores con un programa para el entrenamiento de la fuerza de larga duración que emplea resistencia variable de dos tipos. No hay estudios previos que comparen los efectos de un entrenamiento con estos dos dispositivos, utilizando un diseño que permita equiparar la intensidad del ejercicio de ambos y, además, contando con los instrumentos de medición “Golden” para las variables dependientes del presente estudio en esta población.

De manera preliminar, se puede destacar que uno de los hallazgos más relevantes de la presente investigación es que un programa de entrenamiento de la fuerza de larga duración con resistencia variable, posee un efecto osteogénico superior si es efectuado en el medio acuático en comparación al uso de material elástico en zonas localizadas en el triángulo de Ward y en el total de la cadera en mujeres mayores, con la consecuente posibilidad de mejora de su calidad de vida. Además, se ha evidenciado de manera pionera que los efectos generados en la composición corporal, el rendimiento motor, y el bienestar son similares empleando los dos tipos de resistencia variable.

Como ya se ha enfatizado previamente, el entrenamiento de la fuerza es actualmente uno de los métodos más eficaces para combatir diferentes efectos del envejecimiento, pero acceder a dispositivos como pesos libres o máquinas de entrenamiento requiere de recursos que no todas las personas poseen y más dentro de la población de la tercera edad, hecho al que se debe sumar que la tasa de abandono durante el primer año de entrenamiento con estos materiales es de un 50% (Colado & Triplett, 2008; Rodrigues et al., 2013). Como alternativa, el presente estudio ha sido capaz de evidenciar fundamentos metodológicos que permiten ayudar a construir pautas para el diseño de programas de entrenamiento físico con resistencia variable enfocados a mujeres mayores

permitiéndoles su desarrollo en condiciones de seguridad y garantizando a su vez la obtención de mejoras fisiológicas, funcionales y cognitivas.

A continuación, se discutirán los principales resultados de este trabajo tomando en consideración todos aquellos hallazgos científicos y de referencia que puedan servir para una análisis reflexivo e interpretación de la realidad obtenida en la presente tesis doctoral.

6.1. Composición corporal: porcentaje de grasa total

Pese a que reducir el porcentaje de grasa no era uno de los objetivos específicos del entrenamiento del estudio, se ha considerado relevante la medición de esta variable para comprobar si existe diferencia entre el uso de elásticos y el medio acuático, ya que el exceso de masa grasa supone un importante riesgo para la salud asociado en AM con un elevado riesgo de síndrome cardiometabólico, discapacidad física, diabetes tipo II e incluso demencia (Crow et al., 2019; Janssen & Mark, 2007; Lima et al., 2019), por lo que su control supone un factor importante para la calidad de vida.

En primer lugar, cabe destacar que el protocolo de entrenamiento seguido durante 32 semanas de resistencia no generó cambios estadísticamente significativos sobre esta variable en las mujeres mayores, ni con el uso de los elásticos ni con el medio acuático. Esta situación fue, de hecho, hipotetizada en el inicio del estudio. No obstante, es importante resaltar que ambos grupos experimentales lograron disminuir su masa grasa tras la intervención en comparación con los resultados basales, mostrando un tamaño del efecto moderado para ambos grupos. Este efecto fue más notable en el grupo que entrenó con tubos elásticos reduciendo un 2% su masa grasa, por un 1.2% de reducción que experimentó el grupo entrenado en el medio acuático. En contraposición a esta circunstancia, fueron más sujetos del GA los que superaron la MRC en comparación con el GT (11 sujetos de GA = 42%, por 9 del GT = 33%). La literatura previa contrasta parcialmente con los resultados del presente estudio, ya que Colado et al. (2012)

observaron como un grupo de mujeres postmenopáusicas entrenadas en el medio acuático mostraron una reducción superior de su masa grasa frente a otro grupo entrenado con bandas elásticas. Esto podría explicarse debido a que, por un lado, los protocolos de entrenamiento fueron diferentes (20 Rep. con 30 segundos de descanso frente a 10 Rep. con 90 segundos de descanso) y por el otro, a que su duración fue igualmente diferente, siendo, a la vez que la edad de la población del presente estudio (68.07 ± 4.8) es mayor a la de Colado et al. (2012) (51.07 ± 1.8).

Por otro lado, los resultados tras el entrenamiento desmarcan claramente a los grupos experimentales del GC, que, por su parte, experimentó un aumento de su masa grasa alcanzando un 1.9% más con respecto a su medida basal. El cálculo de la *d* de Cohen, reflejó un tamaño del efecto entorno a moderado a nivel intra grupos en ambos grupos (GT: $d = 0.6$; GA: $d = 0.4$), mientras que el aumento no significativo del 1.9% por ciento de la grasa corporal del GC obtuvo un tamaño del efecto grande ($d = 0.8$) lo que resaltaría con mayor relevancia el efecto del entrenamiento para mejorar la composición corporal, más concretamente sobre la grasa corporal, permitiendo advertir que los ejercicios de fuerza muscular desarrollados con resistencia variable son una alternativa de rehabilitación con AM cuando el objetivo es mantener o mejorar los comportamientos corporales (Bergamin et al., 2012; Bergamin et al., 2013; Ramírez-Villada, León-Ariza, Argüello-Gutiérrez, & Porrás-Ramírez, 2016).

No obstante, es importante recordar que no se efectuó ningún control sobre la ingesta alimenticia de los participantes, a pesar de que se indicó al inicio del estudio que mantuvieran sus hábitos alimenticios ordinarios. Esto supone que los resultados obtenidos no puedan ser concluyentes, puesto que podrían ser fruto de una alteración no controlada en dichos hábitos. Es de considerar la posibilidad de que esta relación entre entrenamiento y composición corporal sea analizada en futuros estudios de forma específica. Aún con

todo, la resolución del estudio nos permitiría concluir pues, que un entrenamiento de resistencia progresiva, es igualmente eficaz para mejorar la composición corporal en mujeres mayores ya sea mediante el uso de material elástico en el medio terrestre o material de arrastre en el medio acuático.

Estos resultados concuerdan parcialmente con la literatura existente, ya que estudios previos indican que para reducir de manera significativa la masa grasa, es necesario un periodo de entrenamiento de una duración media-larga y/o un volumen alto de entrenamiento (Donnelly et al., 2009). En consonancia a lo mencionado, Hunter, Wetzstein, Fields, Brown, & Bamman (2000), tras un programa de fuerza de 26 semanas con una regularidad de 3 sesiones por semana, mostraron resultados muy favorables en la reducción de la masa grasa (-2.7 kg) en personas mayores (61-77 años), siendo estos resultados superiores a los del presente estudio, quizás debido a que por un lado, el protocolo de entrenamiento que utilizaron mostraba un mayor volumen, incluyendo ejercicios de extremidades superiores, inferiores y core, ejecutando tres series a 10 repeticiones a una intensidad entre 60 y 85% (moderada alta). Y por el otro lado, a que la frecuencia de entrenamiento también fue superior (3 sesiones a la semana frente a las 2 del presente estudio).

Estudios previos realizados en el medio acuático como el de Irandoust & Taheri (2015) mostraron que un entrenamiento realizado en hombres mayores (68.4 ± 2.9 años) redujo un 2.6% la masa grasa total del cuerpo. La diferencia de estos resultados con respecto a los del presente estudio puede deberse a diferentes motivos. En primer lugar, la diferencia de género, ya que el presente estudio se ha realizado en mujeres. En segundo lugar, la relación entre duración y frecuencia del entrenamiento, ya que pese a que el estudio de Irandoust & Taheri (2015) tuvo una duración de 12 semanas, la frecuencia era de 3 sesiones por semana (en contra de las 2 sesiones del presente estudio), y en tercer

lugar la naturaleza del entrenamiento, ya que combinaron 2 sesiones aeróbicas con 1 sesión de entrenamiento de resistencia, lo cual podría favorecer la pérdida de masa grasa, mientras que en el estudio actual, se realizó únicamente entrenamiento de resistencia.

Los resultados del presente estudio concuerdan con los de Rica et al. (2013) quienes, tras un entrenamiento de resistencia en el medio acuático, no obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en la composición corporal de mujeres mayores (60 a 75 años) obesas. Cabe destacar, no obstante, que dicho estudio, coincide con el de Irandoust & Taheri (2015) en cuanto a duración y frecuencia (12 semanas con 3 sesiones de entrenamiento por semana), pero se diferencia en que el protocolo diseñado es puramente de resistencia, siendo la ausencia del elemento aeróbico, lo que quizás evite la mejora en la reducción de la masa grasa.

Por su parte, Takeshima et al. (2002) lograron en su estudio, reducir un 8% el grosor del pliegue cutáneo en mujeres mayores de entre 60 y 75 años, tras un entrenamiento de 12 semanas en el medio acuático. Sin embargo, a diferencia del presente estudio, el protocolo que diseñaron tenía un alto contenido aeróbico en sus sesiones (caminar y bailar) además de que la duración de cada sesión fue superior (70 minutos por los 60 del presente estudio). Por otro lado, cabe destacar la diferencia en cuanto al test de medición, ya que el estudio de Takeshima et al. (2002) utilizó pliegues cutáneos, mientras que el presente estudio contó con un DXA.

Anteriormente, Tauton et al. (1996) ya trataron de ver el efecto de un entrenamiento en el medio acuático versus medio terrestre, sobre la composición corporal (entre otros parámetros) de mujeres de 65 a 75 años de edad, concluyendo en este caso, que las 12 semanas de intervención que mantuvieron con 3 sesiones por semana, no fueron

suficientes para reducir la masa grasa. Al igual que ocurre con Takeshima et al. (2002), utilizaron pliegues cutáneos para medir la composición corporal.

Estudios previos que tuvieron una mayor duración, como el de Tsourlou et al. (2006), coinciden con el presente estudio, ya que, tras un entrenamiento en el medio acuático de 24 semanas, mejoraron la composición corporal en mujeres mayores de 60 años, pero no concluyeron que el protocolo fuera efectivo para reducir la masa grasa de manera estadísticamente significativa. Esta circunstancia se dio pese a que el protocolo incluía 3 sesiones por semana, y una carga aeróbica superior a la del presente estudio. Cabe resaltar a su vez, que además de las diferencias ya mencionadas, la muestra del grupo acuático de Tsourlou et al. (2006) fue inferior a la del presente estudio (12 mujeres por 26).

La literatura aporta otros estudios que compararon los efectos de un entrenamiento en el medio terrestre versus medio acuático, como el de Volaklis et al. (2007), quienes concluyeron que ambos inducen a adaptaciones favorables en la composición corporal. No obstante, este estudio difiere del presente en que, pese a la duración de 16 semanas, los sujetos entrenaban 4 veces por semana (el doble que en el presente estudio) siendo dos de estas sesiones de carácter aeróbico. Por otro lado, el estudio de Volaklis et al. (2007) no presenta diferencia de género, y sus participantes padecían enfermedad de la arteria coronaria.

Por otra parte, los resultados presentes concuerdan parcialmente con los reflejados por Kwon et al. (2010), quienes redujeron significativamente la masa grasa en mujeres adultas con obesidad y diabetes tipo 2, al aplicar un entrenamiento con material elástico.

Straight et al. (2012) realizaron un estudio con el objeto de comprobar el efecto de una intervención en la comunidad en base a la mejora del rendimiento motor y

composición corporal de personas mayores con sobrepeso y obesidad, cuya edad estuvo comprendida entre los 55 y los 80 años, durante 8 semanas con una frecuencia de 2 sesiones de entrenamiento por semana, combinando ejercicios de fortalecimiento muscular con dispositivos de peso libre y tubos elásticos, manteniendo a su vez un control de su ingesta nutricional. Los resultados de este estudio arrojaron mejoras significativas en la masa grasa (-0.8%) ligeramente inferiores a los obtenidos por el grupo de tubos elásticos del presente estudio (-2%), sugiriendo que una intervención todavía más larga, podría quizás mejorar significativamente este parámetro.

Otros estudios como el de Ibañez et al. (2005), obtuvieron resultados muy favorables reduciendo un 8.25% la masa grasa de hombres mayores (66.6 ± 3.1) con diabetes tipo 2 tras un entrenamiento de fuerza de 16 semanas de duración utilizando máquinas de ejercicio. Dada su patología, estos resultados se tradujeron en una mejora significativa respecto a la resistencia insulínica. No obstante, la diferencia de resultados con respecto al presente estudio, podría deberse por un lado a la diferencia de género (el presente estudio fue realizado en mujeres), al menor tamaño muestral (9 sujetos por 26 que posee el grupo menos numerosos del presente estudio) o también debido a un peor estado basal.

A su vez, estudios previos (Fatouros et al., 2005), tras aplicar protocolos de entrenamiento de fuerza de alta intensidad (entre el 75 y el 80% de 1RM) en personas ancianas de 65 años, reflejan resultados favorables sobre la composición corporal tras intervenciones de 24 semanas reduciendo un 3.9% el peso corporal. Este estudio, no obstante, acompañó el entrenamiento físico con un control de la ingesta nutricional, cosa que no se dio en el presente estudio.

Cabe destacar que son varios los estudios que tras aplicar programas de entrenamiento de corta a mediana duración (de 12 a 24 semanas) e incluso de larga duración (52 semanas) a una intensidad moderada-alta (60-80% de 1RM) no reflejaron cambios favorables significativos en el tejido graso de personas mayores (Dunstan et al., 2002; Kalapotharakos et al., 2004; Taaffe et al., 1996).

De todos los estudios citados, el presente es el único que ha utilizado DXA para determinar la composición corporal, por lo que resulta difícil hacer afirmaciones definitivas sobre los resultados entre los diversos estudios que utilizaron entrenamiento de resistencia ya sea con material elástico o en el medio acuático, salvo que la práctica de ejercicio puede mejorar la composición corporal, que en última instancia puede ayudar a mejorar la salud.

6.2. Hueso

Una de las novedades más destacables encontradas en el presente estudio vino dada por los resultados referentes a la salud ósea. Dado que la propiedad de flotación del agua disminuye el impacto, los ejercicios en el medio acuático usualmente son considerados de bajo efecto osteogénico (Aboarrage et al., 2018). Sin embargo, los resultados de este estudio no concuerdan con esta afirmación, ya que, pese a que la literatura postula que el entrenamiento en tierra podría ser más efectivo que en el medio acuático para promover cambios positivos en el tejido óseo en personas mayores (Simas et al., 2017), ha sido el grupo que ha entrenado en el medio acuático quien ha experimentado las mejoras más significativas en estas variables, aumentando un 6.9% la DMO con un tamaño del efecto mediano ($d = 0.5$) y mejorando un 18.6% junto con un tamaño del efecto pequeño ($d = 0.3$) el T-Score del triángulo de Ward, a la vez que mejoró un 5.1% el CMO ($d = 0.2$), un 1.4% la DMO ($d = 1.4$) y un 12% el T-Score ($d = 0.4$) del total de la cadera. Tanto en diferencia porcentual de las medias como en tamaño del efecto, los resultados del GA

superan a los del GT quien mostró, por un lado, discretos aumentos no significativos en el CMO y T-Score del triángulo de Ward (0.6% y 3.7% respectivamente) con tamaños del efecto pequeños (0.1 y 0.2 respectivamente), junto con una pequeña reducción de un 2.2% del CMO ($d = 0.1$). Y por el otro, resultados similares en el total de la cadera aumentando discretamente el CMO un 0.5% y un 2% el T-Score con tamaños del efecto pequeños (0.03 y 0.3 respectivamente) y reduciendo un 0.6% la DMO ($d = 0.2$). Además, únicamente el GA superó la MRC tanto en la DMO y el T-Score del triángulo de Ward, como en las tres variables del total de la cadera, demostrando que el entrenamiento realizado en el medio acuático resultó clínicamente más relevante que el realizado con material elástico para la salud ósea en estas variables. Por otro lado, pese a que en las variables del cuello de la cadera y del trocánter no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas, sí que se reflejaron mejoras superiores en el GA. Tanto en el CMO, en la DMO, y en el T-Score del cuello de la cadera, el GA mejoró no significativamente un 0.4%, un 1.3%, y un 5% respectivamente, siendo, además, acompañado en el caso de la DMO con un tamaño del efecto mediano ($d = 0.6$) y en el del T-Score casi mediano ($d = 0.4$). Mientras que el GT mostró una ligera reducción de un 0.4% en el CMO y la DMO, y un aumento del T-Score del 1.3% con tamaños del efecto pequeños. Por otro lado, pese a que ninguno de los grupos experimentales superó la MRC en el cómputo global, el GA contó de manera ligera con el mayor número de sujetos que obtuvieron resultados clínicamente relevantes ascendiendo a 11 en el CMO (42% del total) por 7 del GT (26% del total), a 8 en la DMO (31% del total) por 5 del GT (19% del total) y 7 en el T-Score (27% del total) por 5 del GT (19% del total). A su vez, tanto en el CMO, en la DMO, y en el T-Score del trocánter mayor del fémur, el GA mejoró no significativamente un 0.1%, un 0.4%, y un 4.2% respectivamente, aunque solo en el DMO se acerca a un tamaño del efecto mediano ($d = 0.4$). Mientras que el GT mostró

una ligera reducción de un 0.4% en el CMO, un 0.6% en la DMO, y un aumento del T-Score del 3.4% con tamaños del efecto pequeños. Pese a que los resultados del GA no son significativos, sí que permiten hipotetizar una mayor efectividad del entrenamiento en el medio acuático para mantener o mejorar la salud ósea del trocánter mayor. Al igual que ocurrió en el cuello de la cadera, ningún grupo superó la MRC, siendo los resultados a nivel intra-sujeto, igualmente discretos. Solo 5 sujetos del GA superaron la mínima relevancia clínica (19% del total) por 7 del GT (26% del total) en el CMO, dando a entender que los sujetos que mejoraron del GA, pese a ser menos que los del GT mejoraron más. Nuevamente solo 5 sujetos del GA superaron la MRC en la DMO, cifra que asciende a 8 en el T-Score (31% del total), por unos discretos 3 sujetos que mejoraron del GT en las dos variables (11%), lo que podría sugerir pese a las cifras humildes, que el entrenamiento en el medio acuático podría haber resultado de manera ligera, clínicamente más relevante.

Seguramente esta divergencia de resultados se ha dado debido a la alta calidad metodológica seguida en este estudio para controlar la intensidad del ejercicio de fuerza en el medio acuático. De manera que una adecuada intensidad, frecuencia y duración de las sesiones durante un tiempo de intervención amplio propició una dosificación óptima del estímulo de entrenamiento en pro de una mejora osteogénica (Calatayud, Borreani, Moya, Colado, & Triplett, 2013; Simas et al., 2017). Según Watson et al. (2017) son necesarios entre 4 y 6 meses aproximadamente para que el hueso experimente cambios tras someterse a un entrenamiento, y puedan observarse los resultados por medio de absorciometría de rayos X. En tal sentido, pese a que el presente estudio cumple este requisito al extenderse a 8 meses la intervención física a la que se sometieron los sujetos, el grupo que entrenó con tubos elásticos no mostró mejoras significativas ni en la cadera ni en la columna. El contraste de los resultados con respecto al GA probablemente se deba

a la diferencia en la velocidad de ejecución efectuada por ambos grupos experimentales, ya que la literatura científica ha puesto en manifiesto que el entrenamiento enfocado a la potencia puede ser más eficaz para la optimización de los beneficios sobre la salud ósea y la DMO (Arazi et al., 2018; Hamaguchi et al., 2017). La fuerza es la capacidad de un músculo de generar un trabajo y la potencia está definida como el producto de la fuerza por la velocidad, de modo que el entrenamiento de la potencia está caracterizado por una alta velocidad del acortamiento muscular (Bailey & Brooke-Wavell, 2008; von Stengel, Kemmler, Kalender, Engelke, & Lauber, 2007), además, tal y como se dijo en el marco conceptual, los estudios en animales han demostrado que la velocidad de carga o la tensión aplicada influye en la capacidad osteogénica del ejercicio (Turner, Owan, & Takano, 1995). Esta afirmación se puede explicar por medio de las reglas para la adaptación ósea a estímulos mecánicos de Turner (1998), en especial a las dos primeras. Si tenemos en consideración la primera regla, la adaptación ósea es impulsada por una carga dinámica en lugar de una estática, por lo que el movimiento es imprescindible para que un ejercicio genere efecto osteogénico. Esto se debe probablemente a que la carga dinámica producida por el movimiento genera, a su vez, cambios en la dinámica de fluidos en el sistema canalicular del hueso, iniciando así una cascada de respuestas celulares (Schwab & Klein, 2008). Hert, Lisková, & Landa (1971), Lisková & Hert (1971) y Lanyon & Rubin (1984) hicieron importantes contribuciones al mostrar en animales, que las cepas dinámicas (pero no estáticas) aumentan la formación de hueso. También que la adaptación ósea es directamente proporcional al pico de tensión aplicada, y que el aumento de la velocidad de deformación (trabajo de potencia) mejora el propio estímulo de deformación (Turner, 1998). Si tenemos en consideración la segunda regla, para iniciar una respuesta adaptativa solo es necesario un estímulo mecánico de corta duración con suficiente magnitud (alta intensidad) o frecuencia de deformación (trabajo

de potencia con elevada tasa de contracción), ya que a medida que aumenta la duración del estímulo, la respuesta de formación de hueso tiende a saturarse, por lo que periodos largos a bajas intensidades o frecuencias resultan menos eficaces para generar respuestas adaptativas. Cabe destacar que Turner (1998) afirma que los ejercicios más efectivos para construir hueso son los que implican impacto, pero que, a su vez, este tipo de ejercicios podrían ser contraproducentes en AM pudiendo agravar la osteoartritis articular (Turner & Robling, 2005), por lo que el entrenamiento en el medio acuático, el cual reduce el estrés articular (Colado et al., 2013; Sanders et al., 2019), ejecutado a alta velocidad, se presenta como una alternativa importante para favorecer la salud ósea.

Por otro lado, además de favorecer la reducción de la ya citada carga a nivel articular gracias a la ingravidez propia de este medio, hay que añadir que la combinación del entrenamiento de la fuerza con el ejercicio acuático resulta más efectiva en cuanto a la mineralización, ya que la resistencia de forma o de arrastre (*drag forces*) junto con la viscosidad del agua ofrecen resistencia durante el ejercicio (Raffaelli et al., 2016; Simmons & Hansen, 1996; Sherlock et al., 2013). Este doble tratamiento consigue unir los beneficios que proporciona cada uno de ellos de manera individual, lo que le otorga una mayor relevancia científica conforme presenta la evidencia disponible en estudios previos (Ay & Yurtkuran, 2003; Becker, 2009), obteniendo así una mayor efectividad.

La activación muscular recibida mediante el protocolo de entrenamiento diseñado para el GT, en el cual la velocidad de contracción muscular era más lenta que el del GA (2 segundo de fase concéntrica y 2 segundos de fase excéntrica), pese a ser favorable en otros muchos parámetros, podría no haber supuesto para la cadera y fémur un estímulo por encima del estándar diario habitual al que el cuerpo estuviera acostumbrado, y, por ende, para generar un efecto osteogénico. Pese a que se estima, a partir de estudios clínicos, que a la genética le corresponde entre el 60 y el 80% de la variación de la masa

ósea a lo largo de la vida (Wagner, Melhus, Pedersen, & Michaëlsson, 2013), de acuerdo con la ley de Wolff, el estímulo mecánico, a la par que la magnitud de la carga, se consideran un estímulo osteogénico activo (Vainionpää et al., 2007; Wolff et al., 1999). De esta forma, el ejercicio físico basado en el impacto o en la resistencia que utiliza la tracción muscular, generalmente producen estrés por tensión, compresión y esfuerzo cortante, estando el hueso en tensión a raíz de muchas cargas diferentes (Yang, Brüggemann, & Rittweger, 2011). A través del tejido óseo, estas cargas se detectan mediante la mecanotransducción, proceso de conversión de señales celulares en respuesta a los estímulos mecánicos, generando reacciones bioquímicas más complejas en las células óseas (Klein-Nulend, Bakker, Bacabac, Vatsa, & Weinbaum, 2013). No obstante, es importante señalar que la formación del hueso solo se da si el estímulo del ejercicio físico excede un cierto umbral, siendo capaz de generar una carga por encima del estándar diario habitual al que el cuerpo se ha adaptado (Al Nazer, Lanovaz, Kawalilak, Johnston, & Kontulainen, 2012). De hecho, los estudios longitudinales que analizan la influencia del ejercicio físico sobre la masa ósea han demostrado que las actividades físicas activas y de fuerza pueden estimular la masa ósea en mujeres mayores postmenopáusicas (Bemben & Bemben, 2011; Yamazaki et al., 2004).

En cuanto a las variables de la columna vertebral, todos los grupos de estudio mantuvieron prácticamente inalterados sus valores pese a la intervención de 32 semanas de resistencia progresiva. Esto podría deberse a que los ejercicios del protocolo de entrenamiento no estaban diseñados específicamente para ejercer una activación muscular total y directamente selectiva en la zona del core (Rotstein et al., 2008).

Los resultados del presente estudio, pese a que coinciden con los de Balsamo et al. (2013) en cuanto a la mejora de la DMO en el total de la cadera analizada en mujeres postmenopáusicas entrenadas en medio acuático, contrastan en la comparación por

grupos, ya que Balsamo et al. (2013) concluye en su estudio que un entrenamiento realizado con ejercicios de soporte de peso en piscina, obtiene efectos similares en la DMO que el entrenamiento de resistencia realizado en tierra. Una posible explicación a la diferencia de resultados en la comparación por grupos, además de contar con un tamaño muestral inferior (15 frente a 27), podría ser que la edad de la muestra de Balsamo et al. (2013), pese a tratarse de mujeres postmenopáusicas es cerca de 15 años más joven en su grupo terrestre al GT del presente estudio (51.4 ± 2.7 por 66.5 ± 4.8), siendo una circunstancia relevante ya que el efecto del ejercicio sobre la salud ósea se vuelve más modesto según avanza la edad (Schwab & Klein, 2008). Otra explicación es que el diseño del entrenamiento fue diferente, empezando por la frecuencia de entrenamiento, ya que Balsamo et al. (2013) programaron un protocolo con mayor volumen de sesiones (3 sesiones semanales por 2 en el presente estudio) con ejercicios diferentes y pesas libres y máquinas en lugar de material elástico, si bien, pese a que se explica que se ejecutó un entrenamiento de fuerza, no se hace referencia a la velocidad de ejecución. Cabe añadir, que los sujetos del estudio de Balsamo et al. (2013) entrenaron durante por lo menos un año antes de iniciar el estudio, mientras que, en el proyecto actual, los participantes eran sedentarios al inicio.

A su vez, los resultados del presente estudio contrastan con los de Ignasiak et al. (2016), quienes, tras un protocolo de entrenamiento acuático de 7 meses de duración, no lograron obtener mejoras en la DMO de las mujeres postmenopáusicas (65.4 ± 4.9 años) que participaron. Pese a que la duración de este estudio fue larga, cabe destacar que el entrenamiento desarrollado no se basó en ejercicios específicos para el entrenamiento de la fuerza en el medio acuático sino en la práctica de actividades de natación, ejecutadas a una intensidad moderada. Esto supone una diferencia clara con el protocolo del presente

estudio, ya que según Hootman (2007) la DMO en las personas que practican natación está a un nivel similar al de las personas que llevan un estilo de vida sedentario.

Por otro lado, los resultados obtenidos coinciden parcialmente con los mostrados por Aboarrage et al. (2018) quienes realizaron un protocolo de fortalecimiento físico en el medio acuático en mujeres postmenopáusicas (65 ± 7 años) para verificar los efectos de este sobre la masa ósea y la aptitud funcional. Tras 24 semanas de entrenamiento, lograron aumentar de manera estadísticamente significativa la DMO de las tres zonas que analizaron (columna, fémur y cuerpo en general). Los resultados del presente estudio mostraron mejoras en el grupo acuático en las variables de la cadera, pero, a diferencia de lo acontecido por Aboarrage et al. (2018), no sucedió lo mismo en la columna vertebral. Esta diferencia de resultados puede ser debido a que el presente estudio utilizó un protocolo de entrenamiento diferente al empleado por Aboarrage et al. (2018), quienes basaron el ejercicio en saltos de alta intensidad, los cuales suponen la activación de un mayor número de grupos musculares en comparación con los ejercicios programados en el presente estudio. No obstante, estos resultados, sumados a los del actual estudio, permiten hipotetizar que un entrenamiento en el medio acuático podría generar mejoras en la salud ósea, refutándose así los hallazgos de Ignasiak et al. (2016).

Ramírez-Villada, León-Ariza, Argüello-Gutiérrez, & Porras-Ramírez (2016) realizaron un estudio en el cual 15 mujeres de más de 60 años mostraron, tras 24 semanas de entrenamiento en el medio acuático, ligeros incrementos significativos en la DMO de la zona lumbar y la femoral. Los resultados de este estudio, fueron ligeramente inferiores al presente en lo que se refiere a la cadera (1.1% de mejora por 1.4% en el presente estudio), pero superiores en la columna vertebral (2% de mejora por 0.6% en el presente estudio). Esto podría deberse a la diferencia en el diseño del protocolo de entrenamiento, que se basó, de una manera similar a Aboarrage et al. (2018), en multisaltos, carreras

cortas y danza, lo que seguramente implicó la activación de más grupos musculares en comparación con el presente estudio. Cabe destacar, no obstante, que el tamaño muestral con el que contaron Ramírez-Villada et al. (2016) es inferior al del presente estudio (15 frente a 26), lo que supondría una menor potencia del estudio para el contraste de las hipótesis.

Moreira et al. (2013) analizaron los efectos de un programa de entrenamiento en el medio acuático con una intensidad alta en los marcadores de remodelado óseo y la masa ósea en mujeres mayores postmenopáusicas. Al igual que ocurre en el presente estudio, la ejecución de los ejercicios de entrenamiento se efectuó a la mayor velocidad posible, y tras 24 semanas de intervención, se redujo la DMO lumbar y femoral en el GC, a la par que mostró mejoras significativas en el grupo de intervención, situación que concuerda con los resultados del presente estudio, y le dan mayor peso a la idea de que el entrenamiento ejecutado en el medio acuático podría favorecer el mantenimiento o incluso mejora de la DMO en la cadera.

Rotstein et al. (2008) examinaron el efecto de un programa de siete meses de ejercicio acuático sobre la DMO en 35 mujeres postmenopáusicas mediante DXA, concluyendo que el entrenamiento en el medio acuático podía permitir el mantenimiento o la mejora del estado óseo. Por su parte, Tolomio, Ermolao, Lalli, & Zaccaria (2010) también evaluaron los efectos de un programa de ejercicio específico sobre la DMO en un grupo de mujeres postmenopáusicas con baja densidad mineral ósea, incluyendo en su protocolo de intervención la ejecución de ejercicios multicomponente (fuerza, capacidad aeróbica, equilibrio y movilidad articular) con la particularidad en este caso, de que combinaron ejercicios en tierra y en el agua (agua termal). Tras 11 meses de intervención, mejoraron de manera no significativa la DMO del cuello del fémur, y de manera

significativa el T-Score, constatando así la efectividad del uso del medio acuático para tratar la salud ósea.

Estudios recientes, como el elaborado por García-Gomariz, Igual-Camacho, Hernández-Guillen, & Blasco (2019) tras dos años de intervención física, no obtuvieron mejoras significativas en el T-Score en mujeres postmenopáusicas, cosa que, sí ocurrió en el GA del presente estudio, tanto en el fémur (mejora de un 18.6% en T-Score del triángulo de Ward) como en la cadera (mejora de un 12% en el total de la cadera). Sin embargo, tampoco hubo un deterioro de este, como tampoco lo hubo en la DMO, al menos en el fémur y la columna lumbar. Esta circunstancia en sí ya es positiva ya que la pérdida anual de DMO experimentada por las mujeres a partir de los 40 años, y sobre todo tras la menopausia es considerable (Finkelstein et al., 2008), más si se tiene en cuenta los efectos adversos que se pueden derivar, como posibles fracturas (Cappola & Shoback, 2016). No obstante, la diferencia en los resultados con los del GA del presente estudio, podría deberse en primera estancia a la velocidad de ejecución del entrenamiento, puesto que en el estudio de García-Gomariz et al. (2019) se incluyó trabajo de resistencia, fuerza y bajo, medio y alto impacto, lo que sugiere que en determinados ejercicios buscarían una mayor velocidad de ejecución, pero no en todos. Mientras que el GA entrenó a la mayor velocidad en todos los ejercicios programados durante todas las sesiones. A su vez, tal y como ocurre con otros estudios ya mencionados, el tamaño muestral es inferior al del presente estudio (16 por 27 del GT y 26 del GA) lo que supone una menor potencia del estudio y un mayor riesgo de generar un falso negativo. No obstante, el grupo de entrenamiento de García-Gomariz et al. (2019) se asemeja más al presente GT teniendo en común ambos que entrenaron en el medio terrestre, incluyéndose en el primero, ejercicios de alto impacto, fuerza y resistencia con gomas elásticas y cargas progresivas. y mostrando resultados más similares.

A raíz de lo expuesto sobre los resultados de ambos grupos experimentales, se puede concluir que el entrenamiento enfocado a la potencia es efectivo para mejorar la salud ósea en personas mayores, sin embargo, dado el posible menor riesgo de lesión que pueden sufrir los AM en el agua gracias a las propiedades de este medio, el entrenamiento acuático realizado a altas velocidades de ejecución se presenta como una opción más efectiva y segura que el entrenamiento de la fuerza en el medio terrestre.

6.3. Equilibrio estático

El presente estudio muestra que un entrenamiento de fuerza es muy efectivo para mejorar el equilibrio estático, ya sea en agua o en tierra. Los dos grupos experimentales mejoraron notablemente sus resultados en el posttest, y lo hicieron también comparado con el GC. Este hecho contrasta con el Meta-Análisis realizado por Low, Walsh, & Arkesteijn, (2017) quienes postulan que solo el ejercicio de equilibrio puede mejorar el control postural, mientras que la fuerza o las intervenciones con ejercicios múltiples no influyen en dicho control. Una explicación podría ser que, pese a que el protocolo de entrenamiento no fue diseñado de manera específica para desarrollar el equilibrio, la musculatura estabilizadora puede haberse estimulado positivamente a consecuencia de los ejercicios que se realizaban con una estabilización activa del tronco (Colado et al., 2011). Cabe destacar también, que el programa de entrenamiento en sí, resulta un estímulo eficaz para mejorar otras cualidades físicas como el equilibrio, la coordinación, la fuerza, y en cierta medida también la capacidad aeróbica (Colado, 2004). A su vez, los movimientos realizados durante la recuperación activa, sí implicaban cierto grado de coordinación, aunque leve.

Es importante resaltar también, que otras revisiones sistemáticas han demostrado que las intervenciones con ejercicios pueden mejorar el equilibrio, además de reducir con ello el riesgo de caídas (Cadore et al., 2013; Lesinski et al., 2015).

Tras 32 semanas de estudio se puede observar que entrenar en el medio acuático es quizás ligeramente más efectivo en mujeres mayores que utilizando material elástico. La reducción del desplazamiento total fue superior sobre todo en la prueba ROA (GA: -48.1% y GT: -34%), y en la ROC (GA: -52.8% y GT: -44.1%). No obstante, la diferencia de medias favorece al GT en las pruebas RGA (GA: -45.8% y GT: -50.7%) y RGC (GA: -47.2% y GT: -53.7%) aunque de manera más discreta que la observada en las primeras variables. De hecho, el tamaño del efecto del GA es superior al del GT en las pruebas ROA (GA: 0.95 y GT: 0.52), ROC (GA: 1.16 y GT: 0.97) y RGA (GA: 1.12 y GT: 1.02). Únicamente en el RGC el tamaño del efecto es superior en el GT (GA: 0.72 y GT: 1.09). Por otro lado, ambos grupos superaron la MRC global en las cuatro variables de equilibrio, si bien, de manera ligera, a nivel intra-sujeto, la relevancia clínica es superior en el GA con 23 sujetos que superan la MRC en la prueba ROA (81% del total) por 20 del GT (74% del total), y 23 sujetos en la ROC por 21 del GT (78% del total). Tanto en la prueba RGA como en la RGC ambos grupos contaron con el mismo número de sujetos que superaron la MRC, 21 en la primera y 23 en la segunda, siendo la proporción la que concede ligera superioridad al GA (en la RGA 81% del GA por 78% del GT; y en la RGC 88% del GA por 85% del GT). Estas ganancias ligeramente superiores por parte del GA pueden explicarse parcialmente debido a que dicho grupo se expuso durante el entrenamiento a la resistencia y la perturbación del equilibrio causada por la turbulencia del agua junto con sus resistencias, de forma que comprometen el control de la postura producidas durante los ejercicios (Bento et al., 2012; Douris et al., 2003; Melzer et al., 2008), además de que la flotabilidad también dificulta la estabilidad corporal, experimentando en general una inestabilidad postural que afecta tanto en términos de propiocepción como de control y cantidad de la activación neuromuscular, lo que permite de manera combinada obtener una mejora del equilibrio tanto dinámico como estático

(Katsura et al., 2010). Según Irandoust et al. (2019) diseñar programas de entrenamiento acuático puede ser adecuado especialmente para adultos mayores endomórficos cuya forma corporal les impide ejecutar de manera apropiada determinados ejercicios para el entrenamiento en tierra, ya que, por un lado, pueden ejercer mucha presión sobre las articulaciones, y por el otro, limitan el rango de movimiento durante el ejercicio debido al miedo a caerse.

Previamente ya se realizaron estudios que analizaron el equilibrio en personas mayores mediante protocolos de entrenamiento físico en el medio terrestre versus medio acuático. Avelar et al. (2010) realizaron un ensayo de 6 semanas de duración que comparó la efectividad de un programa de fuerza en las extremidades inferiores en personas mayores realizado en el medio terrestre y el medio acuático sobre el equilibrio estático y dinámico mejorando significativamente estos parámetros con respecto al GC, pero concluyendo que ambos medios eran igual de efectivos.

Diferenciando con el estudio anterior, Lund et al. (2008) observaron en su estudio como un grupo entrenado en el medio acuático obtuvo mejoras significativas con respecto a otro entrenado en el medio terrestre en el equilibrio en personas mayores tras un programa de ejercicio físico. No obstante, es preciso aclarar que la muestra de este estudio estaba formada por personas mayores con osteoartritis en las rodillas, y si se tiene en cuenta los beneficios a nivel de rehabilitación que proporciona el medio acuático (Sanders et al., 2013), es posible que esta circunstancia afectara a los resultados.

Otros estudios previos coinciden en sus resultados con los del presente trabajo. Pese a que no analizaron las mismas variables ni con los mismos dispositivos, Elbar et al. (2013) realizaron un ensayo clínico en el cual un grupo de 17 adultos mayores (69.58 ± 5.2 años) mejoraron su equilibrio estático tras registrarse su estabilidad postural por

medio de una plataforma de fuerza Kistler 9287, tras un entrenamiento de resistencia en el medio acuático de 12 semanas de duración.

Por su parte, de Oliveira, da Silva, Dascal, & Teixeira (2014), analizaron el efecto del entrenamiento en el medio acuático sobre el equilibrio postural en 28 mujeres mayores (69 ± 4 años) en el cual combinaron ejercicios de equilibrio, agilidad corporal, coordinación y ritmo, con ejercicios de fuerza muscular y resistencia de las extremidades y el tronco, obteniendo resultados favorables, todo y que el estudio tuvo una duración breve de 12 semanas, y el carácter del entrenamiento fue más aeróbico que el utilizado por el presente estudio.

Por otro lado, los actuales resultados contrastan con los obtenidos por Bento et al. (2015) quienes no observaron mejoras significativas en el equilibrio estático de mujeres mayores tras 12 semanas de entrenamiento en el medio acuático. Las mayores ganancias reflejadas en el presente estudio pueden deberse a diversos factores. En primer lugar, y pese a que el estudio de Bento contó con 3 sesiones a la semana, la duración del programa del presente estudio fue más larga (32 vs 12 semanas). En segundo lugar, el estado físico de los participantes en el estudio de Bento era relativamente alto mientras que los participantes del presente estudio eran totalmente sedentarios al inicio del programa, lo que permite obtener más adaptaciones en el transcurso del entrenamiento (Netz, Wu, Becker, & Tenenbaum, 2005). En tercer lugar, es imprescindible resaltar que las variables del equilibrio analizadas por Bento fueron únicamente el CoP (rango de balanceo y velocidad del cuerpo en direcciones anteroposterior y mediolateral), mientras que en el presente estudio se evaluó el desplazamiento total. Finalmente, los protocolos de entrenamiento son diferentes, siendo los del presente estudio más orientados a la resistencia muscular y el de Bento et al. (2015) de un carácter más aeróbico.

Y es que cabe destacar, en relación a esto último, que Howe, Rochester, Jackson, Banks, & Blair (2007) en una revisión que incluye más de 34 artículos versados en temáticas sobre el equilibrio en personas mayores y en que metodologías, tipos de intervención física, volumen e intensidad son los más efectivos para mejorarlo, observaron que los adultos mayores que fueron sometidos a entrenamientos que combinaban la fuerza con la coordinación, presentaron diferencias significativas frente a los que solo realizaban actividad física cotidiana, generando mejoras en los test de medición de equilibrio utilizados tras la intervención.

Por tanto, se puede concluir que el entrenamiento de la fuerza con materiales generadores de resistencia variable, puede favorecer la mejora del control postural tanto estático como dinámico, y que lo hará de igual manera realizándolo tanto en el medio terrestre como en el acuático.

6.4. Capacidad funcional

Los resultados mostraron que un entrenamiento de la fuerza realizado con materiales generadores de resistencia variable provoca mejoras muy significativas en la capacidad funcional en mujeres mayores, y que lo hace de manera similar ya sea entrenando con material elástico o en el medio acuático. Esto resulta muy conveniente para la salud, ya que la capacidad funcional resulta un factor clave en AM para poder realizar de manera autónoma y eficaz las diferentes necesidades coordinativas de la vida cotidiana como por ejemplo agacharse, levantarse o caminar transportando algún objeto.

Analizando los parámetros de la aptitud funcional, obtenidos por la batería de pruebas SFT (Rikli & Jones, 2001), se puede observar que todos los parámetros analizados mejoraron de manera estadísticamente muy significativa en ambos grupos experimentales. Destaca notablemente el aumento de la resistencia muscular de las extremidades tanto superiores (GT: $\Delta = 74.7\%$, $p = 0.000$, $d = 2.5$; GA: $\Delta = 71.8\%$, $p =$

0.000, $d = 2.9$) como inferiores (GT: $\Delta = 110.2\%$, $p = 0.000$, $d = 2.9$; GA: $\Delta = 95.7\%$, $p = 0.000$, $d = 3$), ya que los resultados al finalizar el entrenamiento, estuvieron cerca de duplicar los mostrados al inicio del estudio. La metodología empleada por cada grupo de entrenamiento no ha supuesto una diferencia cara el progreso en las variables de rendimiento funcional pese a la diferencia en la velocidad de ejecución de los ejercicios durante la intervención, como sí ha ocurrido en las variables de salud ósea. Esta circunstancia contradice lo que la literatura postula, ya que revisiones previas indican que el entrenamiento ejecutado a velocidad alta de movimiento posee una pequeña ventaja sobre el entrenamiento de la fuerza a una velocidad menor para obtener mejoras en resultados funcionales (Tschopp, Sattelmayer, & Hilfiker, 2011). Otras revisiones han tratado de investigar también la superioridad del entrenamiento ejecutado a alta velocidad en comparación con el efectuado a velocidad moderada para la mejora del rendimiento funcional (Byrne, Faure, Keene, & Lamb, 2016; Steib, Schoene, & Pfeifer, 2010), sin embargo, tal y como ocurre con la revisión de Tschopp et al. (2011), adolecen de algunas limitaciones. Entre ellas, el número reducido de estudios incluidos en sus respectivos análisis estadísticos, lo que limita la potencia del metanálisis, la heterogeneidad y la interpretación del sesgo de la publicación. A su vez, factores como la inclusión de estudios del mismo ensayo clínico (Steib et al., 2010; Tschopp et al., 2011), o la exploración subjetiva de datos sin realizar metanálisis (Byrne et al., 2016), la cual no proporciona información estadística cuantitativa, contribuyen a su debilidad. Destacando estos hechos, y teniendo en cuenta el volumen de investigaciones publicadas desde el último metanálisis y sus limitaciones metodológicas (Tschopp et al., 2011), otro metanálisis realizado recientemente por Orssatto et al. (2019) con el objetivo de comparar la magnitud de la mejora de la capacidad funcional tras un entrenamiento de la fuerza ejecutado a velocidad alta en comparación con un entrenamiento ejecutado a velocidad

moderada para miembros inferiores en AM, postulan que no hay confluencia en la teoría de que el entrenamiento ejecutado a velocidad alta es superior para mejorar la capacidad funcional en AM en comparación con el entrenamiento ejecutado a velocidad moderada, tal y como ha ocurrido en el presente estudio.

Es preciso resaltar el hecho de que mientras en la prueba FC los dos grupos de intervención obtuvieron similares resultados, en la prueba PS el GT destacó obteniendo además una diferencia estadísticamente significativa respecto al GA. Esto podría deberse quizás, a que, debido a las características del agua, fue necesario adaptar los ejercicios de entrenamiento de las extremidades inferiores para el GA, poseyendo dichos ejercicios, una diferencia muy notable en comparación a la prueba que registra la resistencia muscular de estos músculos y que consiste en levantarse de una silla de manera consecutiva durante 30 segundos. En cambio, los ejercicios de entrenamiento que realizó el GT durante la intervención incluían sentadillas y tijeras, que son movimientos multiarticulares con un parecido mucho más destacado al test PS. Por otro lado, tanto el GA como el GT superaron ampliamente la MRC mostrando a nivel intra-sujeto, porcentajes cercanos al 100% tal y como se detalla en el apartado de resultados, lo que sugiere que el entrenamiento tanto en agua como con elásticos, además de ser significativamente efectivo y tener un efecto grande, también es clínicamente relevante.

Estudios previos de Colado et al. (2009) y Colado et al. (2012) ya analizaron los efectos de un entrenamiento de la fuerza comparando bandas elásticas y medio acuático, concluyendo que existían diferencias mínimas en sus resultados. Si bien las pruebas de capacidad funcional registradas no fueron las mismas, dos grupos de mujeres postmenopáusicas (uno entrenado con bandas elásticas y el otro en el medio acuático) obtuvieron mejoras estadísticamente significativas en la resistencia muscular de las piernas (Grupo de bandas: 25% aprox.; Grupo medio acuático: 35% aprox.) tras 10

semanas de entrenamiento de la fuerza con estos materiales generadores de resistencia variable.

Por otro lado, los resultados del presente estudio concuerdan con los obtenidos por Reichert et al. (2018), quienes evaluaron las mismas pruebas funcionales en mujeres mayores tras un entrenamiento de la fuerza en el medio acuático mostrando mejoras significativas de un 20.7%, un 52.6% y un 18.5% en grupos que entrenaron al número máximo de repeticiones en 30 segundos en una serie, al número máximo de repeticiones en 10 segundos en tres series, y al número máximo de repeticiones en 10 segundos en una serie respectivamente en la flexión de codo (71.8% en el presente estudio) y de un 25.6%, un 32.7% y un 16.3% en la prueba de ponerse de pie (95.7% en el presente estudio). El motivo por el cual los resultados del presente estudio sean aún más positivos puede deberse a que el estudio de Reichert et al. (2018), además de poseer un programa de entrenamiento diferente, fue más breve en el tiempo, con 12 semanas duración, por 32 que duró el presente estudio.

A su vez, los resultados obtenidos coinciden con los mostrados por Aboarrage et al. (2018) quienes además de verificar los efectos de este sobre la masa ósea, evaluaron la aptitud funcional por medio del test PS reflejando un 17% de mejora en la resistencia muscular de las extremidades inferiores en mujeres postmenopáusicas (65 ± 7 años) tras un protocolo de fortalecimiento físico en el medio acuático de 24 semanas de duración. Si bien, el entrenamiento basado en saltos de alta intensidad justificaría esta mejora, la duración más breve del entrenamiento justificaría los resultados inferiores a los del presente estudio. Otros estudios siguen esta línea mostrando mejorías en la resistencia muscular de las extremidades inferiores tras un programa para el entrenamiento de la fuerza aplicado en el medio acuático en mujeres mayores, como es el caso de Silva et al. (2018) quienes mejoraron 24% la prueba PS en mujeres mayores tras un entrenamiento

que combinaba resistencia muscular y aeróbica de 12 semanas de duración. Cabe resaltar en este caso, además de la diferencia existente entre la ya mencionada velocidad de ejecución del entrenamiento (superior en el presente estudio, aunque en principio no concluyente para variables funcionales), la duración más breve del programa de ejercicios, y también que el tamaño muestral era notablemente inferior al del presente estudio (11 participantes) con su consiguiente reducción de la potencia del estudio.

Sanders et al. (2013) tras un entrenamiento resistencia progresiva en el medio acuático, experimentó en mujeres mayores una mejora de un 30.8% en la prueba FC y un 30.5% en PS. Resultados favorables, aunque nuevamente inferiores a los del presente estudio, si bien, cabe destacar que su intervención tuvo una menor duración (16 semanas).

Otros estudios como Dziubek et al. (2015) siguieron una línea similar mostrando un 16.5% y un 26% de mejoría en la resistencia de extremidades superiores e inferiores respectivamente tras un entrenamiento en el medio acuático durante 12 semanas. No obstante, cabe destacar que, pese a que estos resultados son inferiores a los presentes, dicho estudio se hizo en personas mayores con diálisis.

Otros estudios similares se encuentran en la literatura como Rica et al. (2013) y Bocalini, Serra, Murad, & Levy (2008) quienes reflejan mejorías considerables en la resistencia muscular de las extremidades en mujeres mayores tras un entrenamiento en el medio acuático. Si bien, los resultados son inferiores a los del presente estudio, cabe destacar que, por un lado, ambos estudios realizaron 3 sesiones de entrenamiento por semana (2 sesiones el presente estudio), y que duraron solo 12 semanas. Por otro lado, Rica et al. (2013) realizaron un entrenamiento con un contenido más aeróbico y no de resistencia muscular, y lo hicieron en una población que padecía obesidad, lo que justificaría la diferencia con los resultados del presente estudio.

Por otro lado, los resultados del presente estudio no concuerdan con los de Bento et al. (2012) quienes, tras 12 semanas de entrenamiento de resistencia en el medio acuático, no observaron diferencias significativas en la resistencia de las piernas en personas mayores. Esto podría deberse a que su programa de entrenamiento repartió 20 minutos de ejercicio aeróbico y 20 minutos de ejercicio de resistencia a diferencia del presente estudio que realizó 40 minutos de entrenamiento de resistencia. A su vez, en el estudio de Bento et al. (2012), cada ejercicio de resistencia se realizó durante 40 segundos a una velocidad moderada, mientras que, en el presente estudio, cada ejercicio se realizó durante 40 segundos a velocidad máxima, lo que podría estimular más la fuerza y resistencia muscular. Cabe destacar también que dicho estudio analizó no solo a mujeres sino también a hombres mayores, sin separar por género los resultados, circunstancia por la cual los resultados no tendrían una comparación equitativa con los del presente estudio.

No existe en la literatura estudios que hagan comparación entre un entrenamiento en el medio acuático y uno con material elástico y que posea a su vez una duración tan extensa. No obstante, si existen estudios como el de Reichert et al. (2016) quienes realizaron un entrenamiento con adultos mayores en el medio acuático con una extensión de 28 semanas en el tiempo. Dicho estudio enfocado a mejorar la aptitud funcional y la presión arterial en personas mayores por medio de dos protocolos diferentes, logró una mejora significativa de 42.4% tras un programa interválico, y de un 47.6% tras un programa de resistencia en el test de FC, y de un 49.9% y un 46.8% en cada protocolo respectivamente en el test de PS. Estos resultados son muy favorables, pero inferiores a los logrados por el GA del presente estudio (FC:71.8% y PS: 95.7%), hecho que se podría explicar debido a que dicho estudio se realizó en aguas profundas, con protocolos muy diferentes, a la par que, tal y como ya ocurrió con el estudio de Bento et al. (2012), se

analizaron tanto a hombres como mujeres, por lo que la comparación con el presente estudio carece de equidad.

Tras 32 semanas de entrenamiento, los sujetos mostraron mejoras significativas en la agilidad y equilibrio dinámico evaluados por el test UG, siendo estos resultados muy similares tanto en el GT como en el GA tanto en diferencia porcentual como en tamaño del efecto (GT: $\Delta = 27.0\%$, $p = 0.000$, $d = 1.8$; GA: $\Delta = 24.6\%$, $p = 0.000$, $d = 2.3$), siendo esta circunstancia ya hipotetizada al inicio del estudio. A su vez, ambos grupos de estudio obtuvieron diferencias significativas con respecto al GC quien apenas experimentó cambios del pre al postest.

Estos resultados coinciden nuevamente con los mostrados por Aboarrage et al. (2018) ya que su estudio en mujeres postmenopáusicas (65 ± 7 años) tras un protocolo de entrenamiento físico en el medio acuático de 24 semanas de duración mejoró un 11% su agilidad y equilibrio dinámicos en el test UG, siendo la duración más breve del entrenamiento y la diferencia de protocolo, lo que una vez más, justificaría los resultados inferiores comparados con los del presente estudio.

Silva et al. (2018) también experimentó mejoras estadísticamente significativas en su estudio con mujeres mayores tras su entrenamiento de resistencia progresiva en el medio acuático, siendo un 10% el porcentaje de mejora que alcanzaría. Estas mejoras se asemejan a las experimentadas por Aboarrage et al. (2018), lo que nos permitiría hipotetizar que el factor duración ha sido una de las claves para obtener tan buenos resultados en el presente estudio.

Tanto Sanders et al. (2013) como Bergamin et al. (2013) obtuvieron mejoras parecidas en el test UG (20% y 19.3% respectivamente) tras sendos protocolos de resistencia progresiva en el medio acuático. Existen, no obstante, algunas diferencias

entre los estudios, como el hecho de que el primero se centra en mujeres mayores y el segundo no hace distinción de género, o que la duración del primero fue de 16 semanas por las 24 que dura el segundo. Esta última circunstancia se compensa en parte debido a que el primero tuvo una frecuencia de 3 sesiones semanales y el segundo dos. Por otro lado, la igualdad entre los resultados de los dos grupos de estudio difiere con lo expuesto por Bergamin et al. (2013), ya que, tras obtener diferencias significativas en su estudio el grupo entrenado en medio acuático con respecto al entrenado en tierra, hipotetizan que el entrenamiento en el medio acuático (en aguas cálidas) podrían ser una modalidad más eficaz que el realizado en tierra para mejorar el equilibrio dinámico en personas mayores. Una posible explicación es que los autores basan su teoría en que el entorno del agua puede crear adaptaciones positivas en el equilibrio dinámico a través de la inestabilidad continúa aplicada al sujeto que se ejercita en posición vertical. Sin embargo, en el presente estudio, todos los ejercicios de extremidades inferiores se ejecutaron cerca del lateral de la piscina con la mano apoyada en el borde, con lo que se redujo notablemente esa inestabilidad clave.

Por su parte, los estudios de Bento et al. (2012), Reichert et al. (2016), Bocalini et al. (2008) y Dziubek et al. (2015), aún con sus diferencias de protocolo, duración del entrenamiento y/o tamaño muestral, obtuvieron mejoras estadísticamente significativas en el test UG (7.3%, 12.3% / 12.1%, 34.5% y 17.1% respectivamente), reforzando la teoría de que el entrenamiento de resistencia en el medio acuático mejora la agilidad y el equilibrio dinámico en personas mayores.

Finalmente, las pérdidas que se experimentan con el proceso de envejecimiento, ya sea del tipo neuromuscular (fuerza muscular, coordinación intra e intermuscular, reclutamiento de unidades motoras) o estructural (reducción de masa muscular, reducción de densidad mineral ósea, elasticidad vascular y bronquial) suponen una dificultad para

tareas motrices tan sencillas como la acción de caminar, por lo que el coste energético de dicha tarea en las personas mayores es elevado, generando fatiga temprana (Hortobágyi et al., 2009). Debido a esto, analizar los efectos del protocolo de entrenamiento con diferentes dispositivos o medios en la capacidad cardiorrespiratoria cobra mayor relevancia. El test TM6' empleado en el presente estudio es considerado un test submáximo en personas mayores sanas de 60 a 70 años, ya que alcanzan durante su ejecución el 80% del VO₂ (máx.) y el 78% (6,3 de desviación estándar) de la FCR (Kervio, Carre, & Ville, 2003).

La comparación entre medias, arrojó que, de igual manera, un entrenamiento de la fuerza con material generador de resistencia variable favorece la mejora de la resistencia y la capacidad aeróbica indistintamente de realizarlo en el medio terrestre con material elástico o en el medio acuático con dispositivos de arrastre, mostrando resultados igualmente similares con ambos dispositivos en el TM6' (GT: $\Delta = 14.2\%$, $p = 0.000$, $d = 1.9$; GA: $\Delta = 11.7\%$, $p = 0.000$, $d = 1.8$), y siendo estas mejoras, significativamente superiores a los resultados del GC. En este sentido, Harada, Chiu & Stewart (1999) postulan que mejorar el test de marcha a través de los metros de distancia recorridos, podría indicar, además de una mejora en la capacidad cardiorrespiratoria, un mejor rendimiento y percepción subjetiva de la funcionalidad por parte de las personas mayores.

Estos resultados están respaldados por trabajos anteriores, como el de Silva et al. (2018) cuyo grupo de estudio que realizó el entrenamiento de resistencia en el medio acuático, pasó de recorrer 510 metros (basal homogéneo con el del presente estudio) a 550 mejorando un 7% sus resultados.

Por su parte, Reichert et al. (2018), quien tuvo en su estudio tres grupos con sendos protocolos de entrenamiento, pasó de 458 metros recorridos en la medida basal a 492 en

el posttest (12.6% de mejora) en el grupo que entrenó al n° máximo de repeticiones en 30 segundos en una serie. De 469 a 493 (6.1% de mejora) en el grupo que entrenó al n° máximo de repeticiones en 10 segundos en tres series. Y de 434 a 472 (9.4% de mejora) en el grupo que entrenó al n° máximo de repeticiones en 10 segundos. Estos resultados están secundados por los del presente estudio.

Nuevamente, los estudios de Bento et al. (2012), Reichert et al. (2016) y Dziubek et al. (2015), desarrollaron mejoras en el test TM6' (4.2%, 11.9% / 4.2% y 23%) reforzando la teoría de que el entrenamiento de resistencia en el medio acuático mejora la resistencia física y capacidad aeróbica.

6.5. Fuerza isométrica

En la actualidad, la literatura expone que, de la práctica de actividad física o del sedentarismo (la alteración en los niveles de actividad física), dependen los cambios en la masa muscular y en la fuerza, fruto del proceso de envejecimiento. No obstante, los cambios generados en la masa muscular y en la fuerza, no siguen el mismo curso durante dicho proceso de envejecimiento (Clark & Manini, 2008; Delmonico et al., 2009). Debido a esto, y siendo esta pérdida de fuerza muscular con la edad superior a la de la masa muscular, a la par de estar fuertemente asociada negativamente al riesgo de mortalidad por cualquier causa (Laukkanen et al., 1995; Metter et al., 2002; Rantanen et al., 2000; Ruiz et al., 2008), se tomó la resolución de evaluar los cambios en la fuerza muscular de las mujeres mayores, ya que presenta un valor predictivo de limitación funcional aun mayor a la característica pérdida de masa muscular propia de la vejez (Clark & Manini, 2012).

Tras el protocolo de entrenamiento diseñado para el presente estudio, se obtuvieron mejoras significativas en la fuerza muscular isométrica de las MM en las tres pruebas evaluadas (extremidades superiores, extremidades inferiores y tronco),

independientemente del dispositivo o medio utilizado. Y pese a que los resultados en las extremidades superiores (GT: $\Delta = 68.3\%$, $p = 0.000$, $d = 1.7$; GA: $\Delta = 78.1\%$, $p = 0.000$, $d = 2.4$) y del tronco (GT: $\Delta = 63.6\%$, $p = 0.000$, $d = 1.4$; GA: $\Delta = 58.1\%$, $p = 0.000$, $d = 2.5$) fueron muy favorables, las mayores ganancias de fuerza isométrica se generaron en las extremidades inferiores (GT: $\Delta = 103.2\%$, $p = 0.000$, $d = 2.4$; GA: $\Delta = 93.2\%$, $p = 0.000$, $d = 1.8$).

Estos resultados suponen un claro contraste con respecto a los obtenidos por otros estudios que utilizaron materiales elásticos como el de Zion, De Meersman, Diamond, & Bloomfield (2003) que buscaba a través de un entrenamiento de la fuerza, prevenir el riesgo de sufrir caídas accidentales y cuyos resultados no evidenciaron a la postre, cambios significativos en la fuerza de las piernas en un estudio hecho sobre una población de adultos mayores.

Cabe destacar, que, si bien no existieron diferencias significativas entre grupos de estudio, si se aprecia que el GA aumentó un 9.8% más su fuerza de las extremidades superiores en comparación con el GT. Una explicación a esta circunstancia sería que los valores basales del GA en este parámetro eran ligeramente inferiores a los del GT, y según Brady & Straight (2014) las personas que poseen un bajo nivel funcional previo, pueden experimentar mayores ganancias exponenciales debido a una mejora de la capacidad muscular (fuerza y potencia muscular), mientras que las personas de alto nivel funcional experimentan mejoras más discretas, debido a que ya están en un nivel cercano al óptimo (efecto techo). Otra explicación podría ser que el entrenamiento ejecutado a una velocidad alta, pese a no estar claro si es superior a la hora de mejorar la capacidad funcional en AM en comparación con el entrenamiento ejecutado a velocidad moderada, si parece ser superior para mejorar la fuerza y la potencia muscular (Orssatto et al., 2019; Straight et al., 2016), ya que la velocidad a la que el músculo se acorta durante la contracción

muscular puede influir directamente en los patrones de reclutamiento de unidades motoras (Desmedt & Godaux, 1977). Siguiendo esta línea, recientemente, Heywood et al. (2019), constataron que el ejercicio de velocidad máxima en el agua produce mayor fuerza en comparación con la velocidad lenta y suponiendo un dolor mínimo.

Por su parte, el GT mostró un aumento de la fuerza isométrica de las extremidades inferiores un 10% superior al del GA, y un 5.5% en la fuerza isométrica del tronco. Una explicación para su crecimiento ligeramente superior, pese a haber realizado un protocolo de entrenamiento con una velocidad de ejecución más baja, podría ser, al igual que ocurre con la variable PS de la capacidad funcional, la similitud existente entre la prueba PSA que evaluó la fuerza de las extremidades inferiores con el ejercicio de sentadillas realizado durante el entrenamiento con los tubos elásticos. Finalmente, el GC experimentó un descenso en su fuerza muscular isométrica tras 32 semanas de inactividad en las extremidades superiores, inferiores y tronco (-6%, -4.3% y -3%, respectivamente).

Al igual que sucede con las variables de capacidad funcional, los dos grupos experimentales superaron con holgura la MRC en las tres variables de fuerza isométrica, siendo prácticamente la totalidad de los sujetos de ambos grupos los que se beneficiaron de esta circunstancia tal y como se detalla en el apartado de resultados.

Las ganancias generadas por los dos grupos de estudio, según estudios previos, pueden deberse en primera estancia a la mejora en el aprendizaje del gesto motor gracias a la coordinación intra e intermuscular, así como a la motivación (Jones & Round, 1990), y en segunda estancia al resultado de cambios neurales (Aagaard et al. 2010; Folland & Williams, 2007), como pueden ser un aumento de la capacidad de reclutamiento y de la frecuencia de estimulación de las unidades motoras, una mayor sincronización en la

activación de dichas unidades motoras, y un aumento de la actividad de los músculos agonistas junto con una disminución de la co-activación de los músculos antagonistas.

La literatura aporta revisiones como la de Peterson, Rhea, Sen, & Gordon (2010), quienes resaltaron la eficacia del entrenamiento progresivo de la fuerza muscular para mejorar, tanto en hombres como en mujeres, la fuerza muscular, ya que esta circunstancia estaría estrechamente relacionada con la prevención de comorbilidades asociadas al envejecimiento, como puede ser la pérdida de la capacidad funcional. De esta forma, este tipo de entrenamiento sería capaz de contribuir al mantenimiento de la autonomía, la independencia y el bienestar general en personas mayores.

Hasta la fecha, muy pocos son los estudios que han analizado los efectos de un entrenamiento en personas mayores sobre la fuerza muscular isométrica utilizando material elástico o en el medio acuático. La gran mayoría de estudios que tratan por lo menos, las ganancias de la fuerza en esta población, han sido diseñados para el uso de máquinas y pesos libres (Chodzko-Zajko et al., 2009; Liu & Latham, 2009; Peterson et al., 2010). No obstante, Martins et al. (2013) realizaron una revisión que analizó los programas diseñados para generar ganancias de fuerza muscular en personas mayores con el uso de material elástico, concluyendo que existía una relación positiva entre la ejecución de estos programas y las ganancias de fuerza muscular.

De manera secundaria, Bergamin et al. (2013) en una comparación entre entrenamientos en el medio acuático versus medio terrestre en personas mayores, registró la fuerza muscular isométrica durante la ejecución de un test de extensión de rodilla registrado con una célula de carga dinamométrica, similar a la del presente estudio. Y, al igual que el presente estudio, concluyó que no existen diferencias entre los dos medios.

Otros estudios como el realizado por Colado et al. (2010) realizaron un análisis similar al del trabajo actual, pero en una población más joven (21.79 ± 0.7), comparando los efectos de un entrenamiento de la fuerza de 8 semanas de duración, utilizando tubos elásticos versus máquinas y pesos libres. Los resultados que exponen los autores concuerdan con los del presente estudio ya que ambos grupos experimentales mejoraron significativamente su fuerza isométrica, pero mostrando un porcentaje de ganancia en su grupo de tubos elásticos inferior al del estudio actual (19.87% frente a 68.3% en extremidades superiores, y 14.07% frente a 103.2% en extremidades inferiores). Esta diferencia se puede justificar por un lado debido a que los valores basales del grupo que entrenó con tubos elásticos en el estudio de Colado et al. (2010), fueron superiores a los de GT del estudio actual. Este último estuvo formado por mujeres mayores e inactivas antes de iniciar el estudio, por lo que poseían un mayor margen de mejora. Por otro lado, Colado et al. (2010) contó con un ensayo más breve en el tiempo que el del presente estudio (8 semanas frente a 32).

Siguiendo esta línea, Kennis et al. (2013) señala que son necesarias de 12 semanas a 1.5 años de entrenamiento de alta intensidad (60-80% de 1RM) para generar ganancias en la fuerza de extensión isométrica de rodilla. Por lo que el presente estudio, con 32 semanas de duración cumpliría con este criterio. A su vez, y pese a ser otras pruebas de evaluación y otras edades, esto favorecería el entendimiento de los resultados comparados con los de Colado et al. (2010).

Por otro lado, Flández (2014) realizó un estudio en el que logró aumentar, tras un entrenamiento de la fuerza con tubos elásticos, la fuerza isométrica de las extremidades inferiores en un 51.15% en mujeres mayores, siendo evaluado este parámetro por medio de una prueba en posición de *Squat*. A su vez, registró la fuerza isométrica de las extremidades superiores por medio de la misma prueba de evaluación que se ha empleado

en el presente estudio, logrando así, aumentar un 38.96% los valores en el RV. Este resultado respalda el obtenido por el presente estudio, sin embargo, la diferencia existente, quizás sea debido a que el programa de entrenamiento que utilizó Flández (2014) fue distinto, incluyendo más ejercicios y tratando de desarrollar inicialmente la resistencia muscular a 15 repeticiones durante los dos primeros meses de su intervención, mientras que, en el presente estudio, se trabajó a 10 repeticiones desde el inicio.

Se puede concluir que el entrenamiento de la fuerza con materiales generadores de resistencia variable, puede favorecer a la mejora de la fuerza muscular isométrica, y que lo hará de igual manera realizándolo en el medio terrestre que en el acuático.

6.6. Fuerza isocinética

Para evaluar la fuerza muscular en personas mayores, las pruebas isocinéticas suponen el criterio estándar tanto en fisioterapia geriátrica como en entornos de investigación (Bottaro et al., 2005; Merriwether et al., 2012; Pereira et al., 2018). El ejercicio isocinético es, por definición, velocidad constante, y representa la combinación entre la velocidad impuesta mecánicamente y el movimiento del sujeto (Brown & Weir, 2001), además, representa actualmente uno de los métodos más objetivos de cuantificación de la fuerza muscular humana en condiciones dinámicas, habiéndose demostrado en varios estudios la fiabilidad, validez y reproducibilidad de los parámetros analizados (Feiring et al., 1990; Wilk & Johnson, 1988).

Generalmente se suele registrar el “*Peak Torque*” (o par máximo), el cual es considerado el análogo del 1RM isotónico, exhibiendo una relación inversa con la velocidad de la fuerza muscular (Brown & Weir, 2001), siendo a 60° por segundo la velocidad más recurrida en el análisis de estas pruebas (Lima et al., 2009; Merriwether et al., 2012; Pereira et al., 2018; Pisciotano et al., 2014). Sin embargo, en el presente estudio también se registró a 180° para observar las posibles diferencias.

Se ha podido observar en ese sentido, que, partiendo de cifras similares entre los dos grupos experimentales, solo el GA mejoró de manera significativa en la fuerza isocinética de la flexión de hombro suponiendo esta diferencia también estadísticamente significativa con respecto al GC tanto a 60° como a 180°. La diferencia en la mejora con respecto al GT fue notable, experimentando el segundo una tendencia a la mejora sin llegar a ser significativa (GA: 29.2% y GT: 17.1% a 180°, y GA: 39.7% y GT: 19.6% a 60°).

Más relevante suponen los resultados de las extremidades inferiores, ya que la disminución de la fuerza en estas, debido al avance de la edad, está asociada con discapacidades funcionales que afectan negativamente a la autonomía de las actividades de la vida diaria (Ding & Yang, 2016; Hairi et al., 2010; Pisciotano et al., 2014), siendo la fuerza del cuádriceps particularmente relevante dadas sus numerosas aplicaciones clínicas para los especialistas en geriatría, incluyendo la detección de la sarcopenia y la dinapenia, la evaluación de la discapacidad, y el análisis de la eficacia de las distintas terapias (Pereira et al., 2018; Ploutz-Snyder et al., 2002). Siguiendo esta línea, y tal y como ya se destacó en el marco teórico, Newman et al. (2006) observaron que la fuerza muscular a la hora de realizar una flexión y extensión de la rodilla estaba fuertemente relacionada con la mortalidad, especialmente tratándose del género femenino.

En tal sentido, los resultados muestran que el entrenamiento físico es beneficioso para las personas mayores ya que tanto el GT como el GA mejoraron significativamente en la prueba de la extensión de rodilla en las dos velocidades, pero siendo el GA quien mostró el aumento más grande (GA: 24.3% y GT: 17.1% a 180°, y GA: 21.4% y GT: 12.2% a 60°), y siendo este, el único que mostró diferencias respecto al GC a una velocidad de 60°.

Siguiendo esta línea, nuevamente fue el GA el único en mejorar en la prueba de la abducción de cadera en las dos velocidades y siendo esta diferencia estadísticamente significativa respecto al GC (GA: 41.0% y GT: 9.7% a 180°, y GA: 39.5% y GT: 9.7% a 60°). La diferencia en los resultados de los dos grupos experimentales podría explicarse, en el caso de la abducción de cadera y la flexión del hombro, debido nuevamente a la diferencia en la velocidad de ejecución de los ejercicios durante la intervención de 32 semanas, ya que los ejercicios realizados a velocidad máxima o cerca de ella generan una mayor activación muscular en comparación con el ejercicio realizado velocidad moderada (Prado et al., 2016; Straight et al., 2016). En el caso de la extensión de rodilla, hay que sumarle el hecho de que el protocolo en el medio acuático requirió de ejercicios para extremidades inferiores más semejantes al ejecutado en el biodex para registrar la fuerza isocinética en comparación a los realizados mediante el protocolo de tubos elásticos.

En lo que se refiere al tamaño del efecto, los resultados se corresponden con las diferencias porcentuales de las medias, ya que el GA refleja efectos más grandes en todas las variables siendo pequeño en la abducción de cadera a 180° (GA: 0.25; GT: 0.21) y a 60° (GA: 0.43; GT: 0.26), grande en la extensión de rodilla a 180° (GA: 1.83; GT: 1.20) y a 60° (GA: 2.45; GT: 1.06), y mediano en la flexión e hombro a 180° (GA: 0.49; GT: 0.24) y a 60° (GA: 0.61; GT: 0.31). Circunstancia semejante ocurre con la MRC la cual es superada por ambos grupos experimentales en todas las variables, pero siendo el porcentaje de sujetos que mejoró clínicamente superior en el GA.

Por tanto, el presente estudio concuerda con estudios previos en la literatura que mostraron como un entrenamiento de la fuerza tanto en el medio acuático como en el terrestre mejoraron la fuerza isocinética en la prueba de la extensión de rodilla (Petrick et al., 2001; Pöyhönen et al., 2002), aunque en poblaciones más jóvenes y con protocolos de entrenamiento diferentes. En cuanto a la investigación en personas mayores, Dziubek

et al. (2015) y Wu, Liu, Liu, Li, & Wang (2018) mostraron mejoras significativas en la flexo-extensión de rodilla tras un entrenamiento en el medio acuático, siendo dicha mejora más discreta que la obtenida en el presente estudio, en parte porque la duración y el protocolo de entrenamiento eran diferentes y en parte porque la población de estos estudios padecía diálisis y EPOC respectivamente.

Otros estudios como el de Pereira et al. (2018) han tratado de establecer valores de referencia de la fuerza isocinética del extensor de rodilla para mujeres mayores, pero es necesario que en líneas futuras se investigue más sobre esta población, y en el resto de pruebas y músculos del cuerpo, especialmente en las extremidades superiores. Sin embargo, los resultados del presente estudio permiten concluir que un entrenamiento de la fuerza en el medio acuático ejecutado a alta velocidad de ejecución es más beneficioso para la fuerza muscular que un entrenamiento con material elástico a velocidad moderada.

6.7. Bienestar físico, psicológico y social

Si bien, los beneficios fisiológicos y de composición corporal han sido similares ya sea entrenando con material elástico o en el medio acuático, los resultados del presente estudio constatan, al igual que ha ocurrido con la salud ósea, que el ejercicio en agua ha proporcionado mayores beneficios sobre el funcionamiento cognitivo.

El GA mostró mejoras superiores en las 8 dimensiones que evalúa el cuestionario SF-36 además de en el ítem incluido que evalúa los cambios experimentados en el estado de salud en el último año. Esto se explica en variables como la función física, el rol físico, y la función social debido a que el GT contaba con valores superiores al GA en la medida basal, lo cual dejaba un margen de mejora más reducido. No obstante, en el dolor corporal, el rol emocional, la vitalidad, la salud mental y la auto percepción en el último año, ambos grupos partían de valores semejantes siendo el desarrollo del GA superior al GT. Esto podría deberse a que el aumento de la circulación favorecido al entrenar en el medio

acuático, aumenta la disponibilidad de sangre, lo que a su vez puede llevar potencialmente a un aumento de la circulación cerebral que definitivamente se ha visto que promueve el mantenimiento y el crecimiento de la estructura neuronal (Sherlock et al., 2013).

Estudios previos coinciden en esta postura, como es el caso de Fedor, Garcia, & Gunstad (2015) quienes observaron mejoras en la capacidad de atención, ejecutiva y en la memoria de adultos mayores tras un entrenamiento en el medio acuático. A su vez, Sato, Seko, Hashitomi, Sengoku, & Nomura (2015) constataron que un protocolo de entrenamiento físico en agua provocó mejoras en la capacidad de atención y la memoria en adultos mayores.

Los resultados obtenidos refuerzan la teoría de que el ejercicio físico, es un estímulo eficaz para mejorar la sensación de bienestar y salud psicológica de las personas, siendo un tratamiento esencial en poblaciones de adultos mayores (Campos et al., 2003; Cruz-Sánchez et al., 2011; De-Juanas et al., 2013; García-Molina et al., 2010; Hicks et al., 2003; Hyde et al., 2013; Jiménez et al., 2008; Poon & Fung; 2008).

A diferencia del GT, el GA experimentó mejoras estadísticamente significativas acompañadas de tamaños medianos y grandes del efecto en las cuatro variables que analizan la dimensión de la salud mental (Rol emocional: $\Delta = 47.5\%$, $p = 0.006$, $g = 0.7$; Función social: $\Delta = 13.2\%$, $p = 0.032$, $g = 0.6$; Vitalidad: $\Delta = 30.5\%$, $p = 0.000$, $g = 1$; Salud mental: $\Delta = 16.2\%$, $p = 0.017$, $g = 0.6$). Siguiendo esta línea, el GA reflejó un mayor número de participantes que superó la MRC en todas las variables, tal y como se matiza en el apartado de resultados, si bien, en el cómputo global, ambos grupos experimentales obtuvieron resultados clínicamente relevantes. Esto concuerda con lo expuesto por Jiménez et al. (2003) quienes promediaron 14 estudios encontrados que redujeron las

sensaciones de ansiedad y depresión en diferentes poblaciones mediante entrenamiento físico.

Por otro lado, los resultados actuales refuerzan las teorías de Campos et al. (2003), quienes analizaron parámetros parecidos a los del presente estudio, mediante un entrenamiento de fuerza y resistencia en mujeres mayores de 55 años, concluyendo que una intervención de estas características, favorece la estimulación de la salud mental, el auto concepto y aumenta la vitalidad, además de reducir aspectos emocionales tales como el estrés, la ansiedad y la depresión.

Esto podría deberse a que los niveles absolutos de los neurotransmisores, pueden estar relacionados con diferentes cambios en la conducta debido a la edad, indicándose que una buena condición física facilita la secreción de endorfinas, produciéndose una retroalimentación en el ser humano entre el nivel de actividad física, la endorfina, la sensación de bienestar y el funcionamiento (Campos et al., 2003).

El presente estudio concuerda también con Hyde et al. (2013), quienes postulan tras una intervención de 1 año, que una programación de actividad física en adultos mayores, afectará positivamente al bienestar y la salud mental de dicha población. A su vez, se coincide también, por un lado, con De-Juanas et al. (2013) al considerar que dicho entrenamiento, si perdura en el tiempo de forma regular, producirá resultados mayores que el realizar actividad física de manera intermitente. Y por el otro lado con Cruz-Sánchez et al. (2011) postulando que cuanto mayor sea la intensidad del ejercicio físico, mayores serán los beneficios que se obtengan sobre el bienestar general y la salud mental.

Otros estudios, al igual que el presente, muestran mejoras en las dimensiones de la salud física y mental evaluada por el SF-36 tras entrenamientos en el medio acuático en mujeres adultas con y sin patologías (Kargarfard et al., 2012; Schuch, et al., 2014; Sevimli

et al., 2015). No obstante, la literatura también muestra resultados diferentes a los del presente estudio, ya que Ayán, Carvalho, Varela, & Cancela (2017) pese a que observaron mejoras en la flexibilidad cognitiva, funciones de la memoria, y en la dimensión de la salud física evaluada por el SF-36 en mujeres mayores, no lo hizo en cambio en la salud mental, si bien cabe destacar que la población de este estudio era ligeramente más joven (45.08 ± 12.01 por 68.07 ± 4.84 del presente estudio), sumado a que la intervención fue diferente y la intensidad del ejercicio más moderada.

Así pues, tras analizar los resultados obtenidos, y en concordancia con Campos et al. (2003), se puede llegar a la conclusión de que los objetivos perseguidos por los programas de actividad física para personas mayores, deberían dirigirse no sólo al plano de la condición física (mejora de capacidades de fuerza, resistencia, flexibilidad, etc.) sino también y de forma paralela, al de la consideración de las consecuencias del bienestar físico, psicológico y social.

En cualquier caso, se puede concluir que la actividad física es una práctica muy beneficiosa para el bienestar físico psíquico y social en mujeres mayores, sobre todo, implementando una metodología enfocada a la potencia y aprovechando las propiedades beneficiosas que otorga el medio acuático.

Capítulo 7

Aplicaciones del estudio

El entrenamiento de la fuerza aplicado en AM resulta un método muy efectivo para mejorar el rendimiento motor e influir de manera muy positiva sobre el bienestar físico, psicológico y social, a la par que también resulta una estrategia efectiva para mejorar o mantener la composición corporal y la salud ósea. Sin embargo, los ejercicios de impacto pueden ser contraproducentes en personas mayores, y el uso de dispositivos tradicionales como máquinas o pesos libres requieren en ocasiones de recursos fuera del alcance de esta población, además de poseer una tasa de abandono elevada. El uso de resistencia variable resulta una estrategia alternativa y factible para influir positivamente en la composición corporal, el hueso, el rendimiento motor y el bienestar en AM.

La velocidad de ejecución, si bien no parece un factor claramente diferenciador para desarrollar variables del rendimiento motor como las englobadas dentro de la capacidad funcional o la fuerza isométrica, sí parece un elemento clave para mejorar otras como la fuerza isocinética e, incluso, para mejorar o mantener también la salud del hueso. Debido al riesgo de lesión que pueden sufrir las personas mayores, fruto de la involución generada por el proceso de envejecimiento, y a raíz de una caída, o cualquier movimiento explosivo o de impacto que se puede dar durante un entrenamiento en el medio terrestre, el realizar ejercicio a alta velocidad de ejecución en el medio acuático se presenta como una estrategia eficaz para influir positivamente en la salud ósea.

Capítulo 8

Limitaciones del estudio

El bajo número de adultos mayores varones inscritos en el programa provocó una notable desigualdad por géneros a la hora de hacer el análisis estadístico, ya que no se equiparaba a los grupos de mujeres. A su vez, esta circunstancia hacía imposible el realizar comparaciones por género, por lo que se tomó la decisión de eliminar a todos los hombres del análisis final. Fruto de esto, la validez externa del estudio queda reducida a la población femenina perteneciente a la tercera edad. Sería conveniente pues, cara a futuros estudios, ofertar un número determinado de plazas que asegurara la inscripción de una cifra suficiente de varones por grupo de estudio y que permitiera realizar las mencionadas comparaciones estadísticas.

Se asumió de inicio como limitación, la ausencia de un control exhaustivo de la ingesta y el gasto calórico de los sujetos de estudio, si bien, sí que fueron debidamente informados de que debían seguir con los hábitos nutricionales a los que estaban acostumbrados antes de empezar el entrenamiento. Este hecho fue recordado sistemáticamente a lo largo de toda la duración del estudio.

Siguiendo la línea de lo anteriormente expuesto, pese a haberse realizado un control de la medicación que tomaba cada uno de los participantes antes y después de ensayo, y pese a que ninguno de estos participantes realizó modificaciones en dicha medicación, no se realizó paralelamente ningún análisis del posible efecto contaminante del tratamiento farmacológico agudo, el cual podría haber supuesto alguna influencia en los resultados de los diferentes parámetros analizados.

Existe la posibilidad de que un programa de entrenamiento de mayor duración en el tiempo hubiese mostrado diferencias más significativas entre los grupos experimentales, tanto en los parámetros del hueso de la columna, como en la composición corporal.

Por otro lado, a razón de que el número de estudios científicos que hayan realizado intervenciones utilizando la misma metodología que se ha empleado en el presente estudio son muy escasos, la mayoría de comparaciones entre resultados realizadas en el apartado de discusión, fueron en contraste con estudios que a través de la metodología de porcentaje 1RM controlaron la intensidad del ejercicio, siendo en su mayoría pesos libres o máquinas los dispositivos de entrenamiento utilizado.

Finalmente, se debe destacar que el control del carácter del esfuerzo percibido para la monitorización de la adecuada intensidad durante el entrenamiento de la potencia con materiales tradicionales de peso ya ha sido ampliamente estudiado, existiendo investigaciones como la de Naclerio et al. (2011) que especifica que debe realizarse con valores entre 4 y 7 al final de la serie (para resistencias del 60-70% de 1 repetición máxima) de cara a garantizar que no haya un decremento significativo en la velocidad de ejecución que pueda poner en cuestión la adaptación específica de este tipo de entrenamiento. De momento sobre este respecto no hay estudios que hayan demostrado si también debe ser aplicado al medio acuático de esta manera, es por eso que en la presente tesis se decidió que ambos grupos trabajaran con el mismo carácter de esfuerzo percibido al final de la serie (8-9) para intentar homogeneizar en la medida de lo posible el mayor número de variables prescriptoras en el programa de entrenamiento. Cabría la posibilidad de cuestionarse si los resultados hubieran variado si el grupo de entrenamiento en el medio acuático hubiera mantenido la máxima velocidad de ejecución posible en cada serie pero adaptada a valores de percepción de entre 4 y 7 en cada serie en lugar de marcar que su carácter final del esfuerzo hubiera sido de 8-9.

Capítulo 9

Futuras líneas de investigación

Al finalizar el presente estudio, podemos plantear futuras líneas de trabajo a desarrollar en relación a los efectos del ejercicio físico sobre la salud del adulto mayor, que tiene su origen en el mismo:

- Comparar los efectos del entrenamiento de la fuerza utilizando material elástico, por un lado, y en el medio acuático por el otro, sobre las variables de composición corporal, hueso, rendimiento motor y de bienestar, realizando un análisis en el factor género.
- Identificar si existen diferencias en los parámetros de composición corporal, hueso, rendimiento motor y bienestar dependiendo del material y medio donde se realizó el entrenamiento analizándolo en función del factor género.
- Valorar los efectos agudos de un entrenamiento de la fuerza utilizando material elástico, por un lado, y en el medio acuático por el otro a diferentes intensidades.
- Analizar los efectos del desentrenamiento tras un entrenamiento de la fuerza utilizando material elástico, por un lado, y en el medio acuático por el otro.

Capítulo 10

Conclusiones

A continuación, se describirán las principales conclusiones del estudio, en base a los resultados obtenidos y en concordancia con las hipótesis y objetivos planteados.

1. La aplicación de un programa de entrenamiento de la fuerza en adultos mayores con diferentes dispositivos y/o medios contribuyó a mejorar discretamente la composición corporal, y a mejorar significativamente el hueso, el rendimiento motor y el bienestar físico, psicológico y social.

La primera hipótesis del estudio se rechaza de forma parcial para el parámetro de composición corporal, debido a que los participantes mostraron una tendencia hacia la reducción del porcentaje de grasa total, pero sin llegar a ser estadísticamente significativo. Por otro lado, la hipótesis se confirma de forma parcial para el parámetro del hueso, ya que solo el GA reflejó mejoras estadísticamente significativas. Finalmente, la hipótesis sí que se confirma en los parámetros de rendimiento motor y bienestar físico, psicológico y social.

2. La aplicación de un programa de entrenamiento de la fuerza en adultos mayores utilizando tubos elásticos contribuyó a mejorar la composición corporal, el hueso, el rendimiento motor y el bienestar físico, psicológico y social de igual forma que el entrenamiento con dispositivos de arrastre en el medio acuático.

La segunda hipótesis se confirma de forma parcial para el parámetro de composición corporal, debido a que el grupo entrenado en el medio terrestre con tubos elásticos, obtuvo al menos, una tendencia estadística hacia la mejora, circunstancia que no se dio con el grupo entrenado en el medio acuático. Por otro lado, la hipótesis se rechaza en los parámetros del hueso localizados en el fémur y la cadera, pues el grupo entrenado en el medio acuático obtuvo mejoras estadísticamente significativas que el grupo entrenado con tubos elásticos no

experimentó. Se confirma la hipótesis de manera parcial para los parámetros del bienestar físico, psicológico y social, ya que en las variables “rol emocional”, “función social”, “vitalidad” y “salud mental”, únicamente el grupo entrenado en el medio acuático obtuvo mejoras significativas. Finalmente, se confirma la hipótesis para los parámetros de rendimiento motor.

En general, se puede indicar que el entrenamiento de la fuerza con materiales generadores de resistencia variable del tipo elástico y acuático, es un adecuado y eficaz método para mejorar el rendimiento motor y la composición corporal en mujeres mayores, produciéndose de manera similar ya sea utilizado un tipo u otro de recurso práctico. Por otro lado, si bien las dos formas de resistencia variable son eficaces para mejorar el bienestar físico psíquico y social, el entrenamiento con el agua ha proporcionado beneficios superiores en estos parámetros y en la composición ósea del fémur y la cadera.

Capítulo 11

Referencias bibliográficas

- Aagaard, P., Suetta, C., Caserotti, P., Magnusson, S. P., & Kjaer, M. (2010). Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *20*(1), 49-64. doi:10.1111/j.1600-0838.2009.01084.x
- Aaronson, N. K., Acquadro, C., Alonso, J., Apolone, G., Bucquet, D., Bullinger, M., . . . Ware, J. E. (1992). International quality of life assessment (IQOLA) project. *Quality of Life Research*, *1*(5), 349-351. doi:10.1007/bf00434949
- Abernethy, P., Wilson, G., & Logan, P. (1995). Strength and power assessment. Issues, controversies and challenges. *Sports Medicine*, *19*(6), 1-17. doi:10.2165/00007256-199519060-00004
- Aboarrage, J. A., Teixeira, C. V., Dos Santos, R. N., Machado, A. F., Evangelista, A. L., Rica, R. L., . . . Bocalini, D. S. (2018). A high-intensity jump-based aquatic exercise program improves bone mineral density and functional fitness in postmenopausal women. *Rejuvenation Research*, *21*(6), 535-540. doi:10.1089/rej.2018.2069
- Aboodarda, S. J., George, J., Mokhtar, A. H., & Thompson, M. (2011). Muscle strength and damage following two modes of variable resistance training. *Journal of Sports Science & Medicine*, *10*(4), 635-642.
- Aboodarda, S. J., Hamid, M. S., Che Muhamed, A. M., Ibrahim, F., & Thompson, M. (2013). Resultant muscle torque and electromyographic activity during high intensity elastic resistance and free weight exercises. *European Journal of Sport Science*, *13*(2), 155-163. doi:10.1080/17461391.2011.586438
- Aboodarda, S. J., Ibrahim, F., Mokhtar, A. H., Thompson, M. W., & Behm, D. G. (2012). Acute neuromuscular and hormonal responses to resistance exercise using

- variable external resistance loading. *Journal of Exercise Physiology Online*, 15(6), 1-12.
- Aboodarda, S. J., Page, P. A., & Behm, D. G. (2016). Muscle activation comparisons between elastic and isoinertial resistance: A meta-analysis. *Clinical Biomechanics*, 39, 52-61. doi:10.1016/j.clinbiomech.2016.09.008
- Aboodarda, S. J., Shariff, M. A., Che Muhamed, A. M., Ibrahim, F., & Yusof, A. (2011). Electromyographic activity and applied load during high intensity elastic resistance and nautilus machine exercises. *Journal of Human Kinetics*, 30(1), 5-12. doi:10.2478/v10078-011-0067-0
- Abreus, J. L., González, V. B., & del Sol, F. J. (2016). Approach to the physical ability balance in the elderly. *Revista Finlay*, 6(4), 317-328.
- Accornero, N., Capozza, M., Rinalduzzi, S., & Manfredi, G. W. (1997). Clinical multisegmental posturography: age-related changes in stance control. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 105(3), 213-219. doi:10.1016/s0924-980x(97)96567-x
- Ahlskog, J. E., Geda, Y. E., Graff-Radford, N. R., & Petersen, R. C. (2011). Physical exercise as a preventive or disease-modifying treatment of dementia and brain aging. *Mayo Clinic Proceedings*, 86(9), 876-884. doi:10.4065/mcp.2011.0252
- Al Nazer, R., Lanovaz, J., Kawalilak, C., Johnston, J. D., & Kontulainen, S. (2012). Direct in vivo strain measurements in human bone-a systematic literature review. *Journal of Biomechanics*, 45(1), 27-40. doi:10.1016/j.jbiomech.2011.08.004
- Alexander, R. (1977). *Mechanics and energetic of animal locomotion*. Alexander R., & Goldspink G.: Swimming London: Chapman & Hall.
- Allsopp, T. J., & Dornhoffer, J. L. (2019). Dynamic posturography. *Diagnosis and Treatment of Vestibular Disorders*, 7, 99-105. doi:10.1007/978-3-319-97858-1_7

- Alonso, J., Prieto, L., & Antó, J. M. (1995). The Spanish version of the SF-36 Health Survey (the SF-36 Health Questionnaire): An instrument for measuring clinical results. *Medicina Clínica, 104*(20), 771-776.
- Alsubaie, S. F., Whitney, S. L., Furman, J. M., Marchetti, G. F., Sienko, K. H., Klatt, B. N., & Sparto, P. J. (2019). Reliability and validity of ratings of perceived difficulty during performance of static standing balance exercises. *99*(10), 1381–1393. doi:10.1093/ptj/pzz091
- Alvarenga, G., Kiyomoto, H., Cardoso, E., Polesello, G., & dos Santos, V. L. (2019). Normative isometric hip muscle force values assessed by a manual dynamometer. *Acta Ortopédica Brasileira, 27*(2), 124-128. doi:10.1590/1413-785220192702202596
- Amblard, B. (1996). Visuo-vestibular integration in the development of posture and gait. *Archives Italiennes de Biologie, 134*(3), 249-277.
- Amblard, B., Assaiante, C., Fabre, J. C., Mouchnino, L., & Massion, J. (1997). Voluntary head stabilization in space during oscillatory trunk movements in the frontal plane performed in weightlessness. *Experimental Brain Research, 114*(2), 214-225. doi:10.1007/p100005630
- American College of Sports Medicine. (1998). Exercise and physical activity for older adults. *30*(6), 992-1008.
- American College of Sports Medicine. (2000). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription* (6th ed.). Philadelphia, PA: Lippincott, Williams & Wilkins.
- American College of Sports Medicine. (2010). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription* (8th ed.). Philadelphia, PA: Lippincott, Williams & Wilkins.
- American Geriatrics Society, & Society; British Geriatrics Society. (2011). Summary of the Updated American Geriatrics Society/British Geriatrics Society clinical

- practice guideline for prevention of falls in older persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 59(1), 148-157. doi:10.1111/j.1532-5415.2010.03234.x
- Andersen, L. L., Andersen, C. H., Mortensen, O. S., Poulsen, O. M., Bjornlund, I. B., & Zebis, M. K. (2010). Muscle activation and perceived loading during rehabilitation exercises: comparison of dumbbells and elastic resistance. *Physical Therapy*, 90(4), 538-549. doi:10.2522/ptj.20090167
- Anderson, C. E., Sforzo, G. A., & Sigg, J. A. (2008). The effects of combining elastic and free weight resistance on strength and power in athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(2), 567-574. doi:10.1519/JSC.0b013e3181634d1e
- Arazi, H., Samadpour, M., & Eghbali, E. (2018). The effects of concurrent training (aerobic-resistance) and milk consumption on some markers of bone mineral density in women with osteoporosis. *BMC Women's Health*, 18(1), 202-211. doi:10.1186/s12905-018-0694-x
- Argente del Castillo, M. J. (2014). Sobrepeso-obesidad y factores de riesgo cardiovascular en mujeres menopáusicas. (Tesis doctoral), Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Granada.
- Argyle, M., Martin, M., & Crossland, J. (1989). *Happiness as a function of personality and social encounters*. In J. P. Forgas, & J. M. Innes (Eds.). Recent advances in social psychology: An International perspective (pp.189-203). North-Holland: Elsevier.
- Asaduroglu, A. V. (2015). Estudio del perfil corporal y su relación con la capacidad funcional en mujeres mayores ambulatorias de la ciudad de Córdoba. (Tesis doctoral), Facultad de Ciencias Médicas. Universidad Nacional de Córdoba.
- Ashok, C. (2008). *Test your physical fitness*. Delhi: Kalpaz Publications.

- Avelar, N. C., Bastone, A. C., Alcântara, M. A., & Gomes, W. F. (2010). Effectiveness of aquatic and non-aquatic lower limb muscle endurance training in the static and dynamic balance of elderly people. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, *14*(3), 229-236.
- Awick, E. A., Wójcicki, T. R., Olson, E. A., Fanning, J., Chung, H. D., Zuniga, K., . . . McAuley, E. (2015). Differential exercise effects on quality of life and health-related quality of life in older adults: a randomized controlled trial. *Quality of Life Research*, *24*(2), 455-462. doi:10.1007/s11136-014-0762-0
- Ay, A., & Yurtkuran, M. (2003). Evaluation of hormonal response and ultrasonic changes in the heel bone by aquatic exercise in sedentary postmenopausal women. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, *82*(12), 942-949. doi:10.1097/01.PHM.0000098039.58584.59
- Ayala, F., Sainz de Baranda, P., & Cejudo, A. (2012). Flexibility training: Stretching techniques. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, *5*(3), 105-112. doi:10.1016/S1888-7546(12)70016-3
- Ayán, C., Carvalho, P., Varela, S., & Cancela, J. M. (2017). Effects of water-based exercise training on the cognitive function and quality of life of healthy adult women. *Journal of Physical Activity & Health*, *14*(11), 899-904. doi:10.1123/jpah.2017-0036
- Ayvaz, G., & Çimen, A. R. (2011). Methods for body composition analysis in adults. *The Open Obesity Journal*, *3*(1), 62-69. doi:10.2174/1876823701103010062
- Badia, X. (2004). What is health-related quality of life and how is it measured? *Gastroenterología y Hepatología*, *27*(S3), 2-6.

- Badia, X., Herdman, M., & Sais, C. A. (1999). A study of the ordinal and interval properties of response scales used in quality of life questionnaires. *Qual Life Newsletter*, 22, 1-3.
- Bailey, B. W., Borup, P., Tucker, L., LeCheminant, J., Allen, M., & Hebbert, W. (2014). Steps measured by pedometry and the relationship to adiposity in college women. *Journal of Physical Activity and Health*, 11(6), 1225-1232. doi:10.1123/jpah.2012-0255
- Bailey, C. A., & Brooke-Wavell, K. (2008). Exercise for optimising peak bone mass in women. *The Proceedings of the Nutrition Society*, 67(1), 9-18. doi:10.1017/S0029665108005971
- Baim, S., Binkley, N., Bilezikian, J. P., Kendler, D. L., Hans, D. B., Lewiecki, E. M., & Silverman, S. (2008). Official positions of the international society for clinical densitometry and executive summary of the 2007 ISCD position development conference. *Journal of Clinical Densitometry*, 11(1), 75-91. doi:10.1016/j.jocd.2007.12.007
- Balachandran, Asirvatham, A. R., & Mahadevan, S. (2019). The impact of GE lunar vs ICMR database in diagnosis of osteoporosis among south indian subjects. *Indian Journal of Endocrinology and Metabolism*, 23(5), 525-528. doi:10.4103/ijem.IJEM_142_19
- Balsamo, S., Mota, L. M., Santana, F. S., Nascimento, D. C., Bezerra, L. M., Balsamo, D. O., . . . Bottaro, M. (2013). Resistance training versus weight-bearing aquatic exercise: a cross-sectional analysis of bone mineral density in postmenopausal women. *Revista Brasileira de Reumatologia*, 53(2), 193-198. doi:10.1590/S0482-50042013000200006

- Barbero, M., Vila, E., & Suárez, J. (2003). Principios básicos para la construcción de instrumentos de medición psicológica. *Psicometria*, Vol Segunda ed. Madrid: UNED Universidad Nacional de Educación a Distancia: 83-84.
- Barnett, A. (2006). Using recovery modalities between training sessions in elite athletes: does it help? *Sports Medicine*, 36(9), 781-796. doi:10.2165/00007256-200636090-00005
- Barrios Ospino, Y., Díaz, N., Meertens, L., Naddaf, G., Solano, L., Fernández, M., . . . González, M. (2010). Relation between leptin serum with weight and body fat distribution in postmenopausal women. *Nutrición Hospitalaria*, 25(1), 80-84. doi:10.3305/nh.2010.25.1.4273
- Bassey, E. J., & Ramsdale, S. J. (1994). Increase in femoral bone density in young women following high-impact exercise. *Osteoporosis Internacional*, 4(2), 72-75. doi:10.1007/bf01623226
- Batsis, J. A., Barre, L. K., Mackenzie, T. A., Pratt, S. I., Lopez-Jimenez, F., & Bartels, S. J. (2013). Variation in the prevalence of sarcopenia and sarcopenic obesity in older adults associated with different research definitions: dual-energy X-ray absorptiometry data from the National Health and Nutrition Examination Survey 1999-2004. *Journal of the American Geriatrics Society*, 61(6), 974-980. doi:10.1111/jgs.12260
- Bauer, J. M., & Morley, J. E. (2020). Body composition measurements in older adults. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 23(1), 1-3. doi:10.1097/MCO.0000000000000620
- Bauman, A., Merom, D., Bull, F. C., Buchner, D. M., & Fiatarone Singh, M. A. (2016). Updating the evidence for physical activity: summative reviews of the

- epidemiological evidence, prevalence, and interventions to promote “active aging”. *The Gerontologist*, 56(2), 268-280. doi:10.1093/geront/gnw031
- Baydal, J. M., Viosca, E., Ortuño, M. A., Quinza, V., Garrido, D., & Vivas, M. J. (2010). Estudio de la eficacia y fiabilidad de un sistema de posturografía en comparación con la escala de Berg. *Rehabilitación*, 44(4), 304-310. doi:10.1016/j.rh.2010.06.010
- Bean, J. F., Kiely, D. K., LaRose, S., & Leveille, S. G. (2008). Which impairments are most associated with high mobility performance in older adults? Implications for a rehabilitation prescription. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89(12), 2278-2284. doi:10.1016/j.apmr.2008.04.029
- Beaudart, C., Zaaria, M., Pasleau, F., Reginster, J. Y., & Bruyère, O. (2017). Health outcomes of sarcopenia: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*, 12(1), e0169548. doi:10.1371/journal.pone.0169548
- Beaufrère, B., & Morio, B. (2000). Fat and protein redistribution with aging: metabolic considerations. *European Journal of Clinical Nutrition*, 54(3), 48-53. doi:10.1038/sj.ejcn.1601025
- Becker, B. E. (2009). Aquatic therapy: scientific foundations and clinical rehabilitation applications. *PM & R*, 1(9), 859-872. doi:10.1016/j.pmrj.2009.05.017
- Becroft, L., Ooi, G., Forsyth, A., King, S., & Tierney, A. (2019). Validity of multi-frequency bioelectric impedance methods to measure body composition in obese patients: a systematic review. *International Journal of Obesity*, 43(8), 1497-1507. doi:10.1038/s41366-018-0285-9
- Bellar, D. M., Muller, M. D., Barkley, J. E., Kim, C. H., Ida, K., Ryan, E. J., . . . Glickman, E. L. (2011). The effects of combined elastic- and free-weight tension vs. free-weight tension on one-repetition maximum strength in the bench press. *Journal*

- of Strength and Conditioning Research*, 25(2), 459-463.
doi:10.1519/JSC.0b013e3181c1f8b6
- Bemben, D. A., & Bemben, M. G. (2011). Dose-response effect of 40 weeks of resistance training on bone mineral density in older adults. *Osteoporosis International*, 22(1), 179-186. doi:10.1007/s00198-010-1182-9
- Bemben, D. A., Feters, N. L., Bemben, M. G., Nabavi, N., & Koh, E. T. (2000). Musculoskeletal responses to high- and low-intensity resistance training in early postmenopausal women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(11), 1949-1957. doi:10.1097/00005768-200011000-00020
- Benedetti, M. G., Furlini, G., Zati, A., & Mauro, G. L. (2018). The Effectiveness of physical exercise on bone density in osteoporotic patients. *BioMed Research International*, 1-10. doi:10.1155/2018/4840531
- Beneka, A., Malliou, P., Fatouros, I., Jamurtas, A., Gioftsidou, A., Godolias, G., & Taxildaris, K. (2005). Resistance training effects on muscular strength of elderly are related to intensity and gender. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 8(3), 274-283. doi:10.1016/s1440-2440(05)80038-6
- Bento, P. C., Lopes, M. d., Cebolla, E. C., Wolf, R., & Rodacki, A. L. (2015). Effects of water-based training on static and dynamic balance of older women. *Rejuvenation Research*, 18(4), 326-331. doi:10.1089/rej.2014.1650
- Bento, P. C., Pereira, G., Ugrinowitsch, C., & Rodacki, A. L. (2012). The effects of a water-based exercise program on strength and functionality of older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 20(4), 469-470. doi:10.1123/japa.20.4.469

- Bentosela, M., & Mustaca, A. E. (2005). Efectos cognitivos y emocionales del envejecimiento: Aportes de investigaciones básicas para las estrategias de rehabilitación. *Interdisciplinaria*, 22(2), 211-235.
- Bentz, A. T., Schneider, C. M., & Westerlind, K. C. (2005). The relationship between physical activity and 2-hydroxyestrone, 16alpha-hydroxyestrone, and the 2/16 ratio in premenopausal women (United States). *Cancer Causes & Control*, 16(4), 455-461. doi:10.1007/s10552-004-6256-6
- Berg, K., Wood-Dauphinee, S., & Williams, J. I. (1995). The Balance Scale: reliability assessment with elderly residents and patients with an acute stroke. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 27(1), 27-36.
- Bergamin, M., Ermolao, A., Tolomio, S., Berton, L., Sergi, G., & Zaccaria, M. (2013). Water- versus land-based exercise in elderly subjects: effects on physical performance and body composition. *Clinical Interventions in Aging*, 8, 1109-1117. doi:10.2147/CIA.S44198
- Bergamin, M., Zanuso, S., Alvar, B. A., Ermolao, A., & Zaccaria, M. (2012). Is water-based exercise training sufficient to improve physical fitness in the elderly? A systematic review of the evidence. *European Review of Aging and Physical Activity*, 9(2), 129-141. doi:10.1007/s11556-012-0097-1
- Berkman, L. F., & Glass, T. (2000). *Social integration, social networks, social support and health*. In: Berkman, L.F. and Kawachi, I. (Eds.), *Social Epidemiology*. New York: Oxford University Press.
- Berry, S. D., Shi, S., & Kiel, D. P. (2019). Considering the risks and benefits of osteoporosis treatment in older adults. *JAMA Internal Medicine*, 179(8), 1103-1104. doi:10.1001/jamainternmed.2019.0688

- Biodex. (2002). Biodex TM Multi Joint System 3 Pró. *Manual: aplicaciones/operations. American Sports medicine Institute, 32-35.*
- Blake, G. M., & Fogelman, I. (2007). The role of DXA bone density scans in the diagnosis and treatment of osteoporosis. *Postgraduate Medical Journal, 83(982), 509-517.*
doi:10.1136/pgmj.2007.057505
- Blake, G., Chinn, D., Steel, S., Patel, R., Panayioyou, E., & Fordham, J. N. (2005). The revised NOS position statement on peripheral X-ray absorptiometry: A listing of device specific thresholds for the clinical interpretation of PDXA examinations. *10th Conference of the National-Osteoporosis-Society, 15.*
- Bocalini, D. S., Serra, A. J., Murad, N., & Levy, R. F. (2008). Water- versus land-based exercise effects on physical fitness in older women. *Geriatrics & Gerontology International, 8(4), 265-271.* doi:10.1111/j.1447-0594.2008.00485.x
- Bohannon, R. W., Andrews, A. W., & Thomas, M. W. (1996). Walking speed: reference values and correlates for older adults. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 24(2), 86-90.* doi:10.2519/jospt.1996.24.2.86
- Bohórquez, M. D., Lorenzo, M., & García, A. J. (2013). Happiness and physical activity in the elderly. *Escritos de Psicología, 6(2), 6-12.* doi:10.5231/psy.writ.2013.2106
- Boling, M. C., Padua, D. A., & Creighton, A. R. (2009). Concentric and eccentric torque of the hip musculature in individuals with and without patellofemoral pain. *Journal of Athletic Training, 44(1), 7-13.* doi:10.4085/1062-6050-44.1.7
- Bonis, J., Canto, M., Llorente, A., Gil, M., Montero, D., & de Abajo, F. (2013). Prevalencia de uso de fármacos para el tratamiento de la enfermedad de Alzheimer y su evolución temporal: un estudio descriptivo con la base de datos de atención primaria BIFAP. *Alzheimer: Realidades e investigación en demencia, 54(1), 20-27.*

- Bonnefoy, M., Jauffret, M., & Jusot, J. F. (2007). Muscle power of lower extremities in relation to functional ability and nutritional status in very elderly people. *The Journal of Nutrition Health and Aging, 11*(3), 223-228.
- Borg, G. A. (1961). Interindividual scaling and perception of muscular force. *Kungliga Fysiologiska Sällskapet Lunds Forhandlingar, 32*(2), 117-125.
- Borg, G. A. (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine, 2*(2), 92-98.
- Borg, G. A., & Dahlström, H. (1960). The perception of muscular work. *Umea veten. Skapliga skriftserie, 5*, 1-26.
- Borreani, S., Colado, J., Calatayud, J., Pablos, C., Moya-Nájera, D., & Triplett, N. T. (2014). Aquatic resistance training: Acute and chronic effects. *Strength and Conditioning Journal, 36*(3), 48-61. doi:10.1519/SSC.0000000000000056
- Bottaro, M., Russo, A. F., & de Oliveira, R. J. (2005). The effects of rest interval on quadriceps torque during an isokinetic testing protocol in elderly. *Journal of Sports Science and Medicine, 4*(3), 285-290.
- Boulet, L. (2016). Asthma in the elderly patient. *Asthma Research and Practice, 2*(1), 3-7. doi:10.1186/s40733-015-0015-1
- Bozal, C. B. (2013). Osteocytes as mechanosensors in bone. *Actualizaciones en Osteología, 9*(2), 176-193.
- Brady, A. O., & Straight, C. R. (2014). Muscle capacity and physical function in older women: What are the impacts of resistance training? *Journal of Sport and Health Science, 3*(3), 179-188. doi:10.1016/j.jshs.2014.04.002
- Brandt, M., Jakobsen, M. D., Thorborg, K., Sundstrup, E., Jay, K. J., & Andersen, L. L. (2013). Perceived loading and muscle activity during hip strengthening exercises:

- comparison of elastic resistance and machine exercises. *The International Journal of Sports Physical Therapy*, 8(6), 811-819.
- Bravo, G., Gauthier, P., Roy, P. M., Payette, H., & Gaulin, P. (1997). A weight-bearing, water-based exercise program for osteopenic women: Its impact on bone, functional fitness, and well-being. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 78(12), 1375-1380. doi:10.1016/S0003-9993(97)90313-0
- Brodie, M. A., Coppens, M. J., Ejupi, A., Gschwind, Y. J., Annegarn, J., Schoene, D., . . . Delbaere, K. (2017). Comparison between clinical gait and daily-life gait assessments of fall risk in older people. *Geriatrics & Gerontology International*, 17(11), 2274-2282. doi:10.1111/ggi.12979
- Brod, G. A., Melo, M., Bonezi, A., Gertz, L. C., & Loss, J. F. (2013). Evaluation in resistance training machines during knee extension exercises. *Motriz: Revista de Educação Física*, 19(2), 523-531. doi:10.1590/S1980-65742013000200030
- Brown, L. E., & Weir, J. P. (2001). ASEP Procedures recommendation I: Accurate assessment of muscular strength and power. *Journal of Exercise Physiology Online*, 4(3), 1-21.
- Brzycki, M. (1993). Strength testing: predicting a one-rep max from repetitions to fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 64(1), 88-90. doi:10.1080/07303084.1993.10606684
- Buchner, D. M., Cress, M. E., Esselman, P. C., Margherita, A. J., de Lateur, B. J., Campbell, A. J., & Wagner, E. H. (1996). Factors associated with changes in gait speed in older adults. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 51(6), 297-302. doi:10.1093/gerona/51a.6.m297
- Bullinger, M., Alonso, J., Apolone, G., Leplège, A., Sullivan, M., Wood-Dauphinee, S., . . . Ware, J. E. (1998). Translating health status questionnaires and evaluating

- their quality: the IQOLA Project approach. *International Quality of Life Assessment. Journal of Clinical Epidemiology*, *51*(11), 913-923. doi:10.1016/s0895-4356(98)00082-1
- Burr, D. B. (1997). Muscle strength, bone mass, and age-related bone loss. *Journal of Bone and Mineral Research*, *12*(10), 1547-1551. doi:10.1359/jbmr.1997.12.10.1547
- Burr, D. B. (2019). Changes in bone matrix properties with aging. *Bone*, *120*, 85-93. doi:10.1016/j.bone.2018.10.010
- Burr, D. B., & Turner, C. H. (1999). Biomechanical measurements in age-related bone loss. *The Aging Skeleton*, 301-311. doi:10.1016/B978-012098655-2/50028-4
- Burr, D. B., Robling, A. G., & Turner, C. H. (2002). Effects of biomechanical stress on bones in animals. *Bone*, *30*(5), 781-786. doi:10.1016/s8756-3282(02)00707-x
- Buyse, D. J., Germain, A., Moul, D. E., Franzen, P. L., Brar, L. K., Fletcher, M. E., . . . Monk, T. H. (2011). Efficacy of brief behavioral treatment for chronic insomnia in older adults. *Archives of Internal Medicine*, *171*(10), 887-895. doi:10.1001/archinternmed.2010.535
- Byrne, C., Faure, C., Keene, D. J., & Lamb, S. E. (2016). Ageing, muscle power and physical function: A systematic review and implications for pragmatic training interventions. *Sports Medicine*, *46*(9), 1311-1332. doi:10.1007/s40279-016-0489-x
- Cabeza, R., Nyberg, L., & Park, D. (2016). *Cognitive Neuroscience of Aging: Linking Cognitive and Cerebral Aging*. New York: Oxford University Press.
- Cadore, E. L., Lhullier, F. L., Alberton, C. L., Almeida, A. P., Sapata, K. B., Korzenowski, A. L., & Krueger, L. F. (2009). Salivary hormonal responses to different water-based exercise protocols in young and elderly men. *The Journal*

- of Strength and Conditioning Research*, 23(9), 2695-2701.
doi:10.1519/JSC.0b013e3181bc18b1
- Cadore, E. L., Rodríguez-Mañas, L., Sinclair, A., & Izquierdo, M. (2013). Effects of different exercise interventions on risk of falls, gait ability, and balance in physically frail older adults: a systematic review. *Rejuvenation Research*, 16(2), 105-114. doi:10.1089/rej.2012.1397
- Calatayud, J., Borreani, S., Moya, D., Colado, J. C., & Triplett, N. T. (2013). Exercise to Improve Bone Mineral Density. *Strength and Conditioning Journal*, 35(5), 70-74. doi:10.1519/SSC.0b013e3182980d57
- Camina-Martín, M. A., de Mateo-Silleras, B., Nescolarde-Selva, L., Barrera-Ortega, S., Domínguez-Rodríguez, L., & Redondo-Del Río, M. P. (2015). Bioimpedance vector analysis and conventional bioimpedance to assess body composition in older adults with dementia. *Nutrition*, 31(1), 155-159. doi:10.1016/j.nut.2014.06.006
- Campbell, J. A., D'Acquisto, L. J., D'Acquisto, D. M., & Cline, M. G. (2003). Metabolic and cardiovascular response to shallow water exercise in young and older women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(4), 675-681. doi:10.1249/01.MSS.0000058359.87713.99
- Campos, J., Huertas, F., Colado, J. C., López, S. L., Pablos, A., & Pablos, C. (2003). Efectos de un programa de ejercicio físico sobre el bienestar psicológico de las mujeres mayores de 55 años. *Revista de Psicología del Deporte*, 12(1), 7-26.
- Cano-Sánchez, J., Campo-Trapero, J., Sánchez-Gutiérrez, J. J., & Bascones-Martínez, A. (2008). Mechanobiology of the maxillary bones. II. Bone remodelling. *Avances en Odontoestomatología*, 24(2), 177-186.

- Capiglioni, R. R. (2006). Tomografía computada y resonancia nuclear magnética. Su capacidad para medir estructura y función trabecular. Competencia ósea y microarquitectura. Biopsia ósea virtual, la medición incruenta del futuro: μ CT Y μ MR. *Actualizaciones en Osteología*, 2(1), 9-11.
- Cappola, A. R., & Shoback, D. M. (2016). Osteoporosis therapy in postmenopausal women with high risk of fracture. *JAMA*, 316(7), 715-716. doi:10.1001/jama.2016.11032
- Carnevale, V., Castriotta, V., Piscitelli, P. A., Nieddu, L., Mattera, M., Guglielmi, G., & Scillitani, A. (2018). Assessment of skeletal muscle mass in older people: Comparison between 2 anthropometry-based methods and dual-energy X-ray absorptiometry. *Journal of the American Medical Directors Association*, 19(9), 793-796. doi:10.1016/j.jamda.2018.05.016
- Carvalho, T. B., Crisp, A. H., Lopes, C. R., Crepaldi, M. D., Calixto, R. D., Pereira, A. A., . . . Verlengia, R. (2015). Effect of eccentric velocity on muscle damage markers after bench press exercise in resistance-trained men. *Gazzetta Medica Italiana Archivio per le Scienze Mediche*, 174(3), 105-111.
- Catalano, V. (2018). How body activity and sports improve cognitive performance, wellness, and act against aging in human beings. *Journal of Psychology and Clinical Psychiatry*, 9(4), 328-329. doi:10.15406/jpcpy.2018.09.00544
- Cerda, E. (2018). Validez y fiabilidad de diferentes protocolos de evaluación de la fuerza isométrica en la musculatura abductora de cadera con el uso de un dinamómetro electromecánico funcional usando diferentes métodos de normalización. (Tesis doctoral), Departamento de Educación Física y Deportiva. Universidad de Granada.

- Chan, B. K., Marshall, L. M., Winters, K. M., Faulkner, K. A., Schwartz, A. V., & Orwoll, E. S. (2007). Incident fall risk and physical activity and physical performance among older men: the osteoporotic fractures in men study. *American Journal of Epidemiology*, *165*(6), 696-703. doi:10.1093/aje/kwk050
- Chen, H. T., Chung, Y. C., Chen, Y. J., Ho, S. Y., & Wu, H. J. (2017). Effects of Different Types of Exercise on body composition, muscle strength, and IGF-1 in the elderly with sarcopenic obesity. *Journal of the American Geriatrics Society*, *65*(4), 827-832. doi:10.1111/jgs.14722
- Chen, Z., Wang, Z., Lohman, T., Heymsfield, S. B., Outwater, E., Nicholas, J. S., . . . Going, S. (2007). Dual-energy X-ray absorptiometry is a valid tool for assessing skeletal muscle mass in older women. *The Journal of Nutrition*, *137*(12), 2775-2780. doi:10.1093/jn/137.12.2775
- Cheng, S., Sipilä, S., Taaffe, D. R., Puolakka, J., & Suominen, H. (2002). Change in bone mass distribution induced by hormone replacement therapy and high-impact physical exercise in post-menopausal women. *Bone*, *31*(1), 126-135. doi:10.1016/s8756-3282(02)00794-9
- Chida, Y., & Steptoe, A. (2008). Positive psychological well-being and mortality: a quantitative review of prospective observational studies. *Psychosomatic Medicine*, *70*(7), 741-756. doi:10.1097/PSY.0b013e31818105ba
- Chilibeck, P. D., Calder, A. W., Sale, D. G., & Webber, C. E. (1998). A comparison of strength and muscle mass increases during resistance training in young women. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *77*(1-2), 170-175. doi:10.1007/s004210050316
- Chilibeck, P. D., Calder, A., Sale, D. G., & Webber, C. E. (1996). Twenty weeks of weight training increases lean tissue mass but not bone mineral mass or density in

- healthy, active young women. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 74(10), 1180-1185. doi:10.1139/cjpp-74-10-1180
- Chodzko-Zajko, W. J. (2013). *ACSM's Exercise for Older Adults*. Philadelphia, PA: Lippincott, Williams & Wilkins.
- Chodzko-Zajko, W. J., Proctor, D. N., Fiatarone Singh, M. A., Minson, C. T., Nigg, C. R., Salem, G. J., & Skinner, J. S. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(7), 1510-1530. doi:10.1249/MSS.0b013e3181a0c95c
- Chopik, W. J. (2017). Associations among relational values, support, health, and well-being across the adult lifespan. *Personal Relationships*, 24(2), 408-422. doi:10.1111/pere.12187
- Chou, C. H., Hwang, C. L., & Wu, Y. T. (2012). Effect of exercise on physical function, daily living activities, and quality of life in the frail older adults: a meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 93(2), 237-244. doi:10.1016/j.apmr.2011.08.042
- Chu, K. S., & Rhodes, E. C. (2001). Physiological and cardiovascular changes associated with deep water running in the young possible implications for the elderly. *Sports Medicine*, 31(1), 33-46. doi:10.2165/00007256-200131010-00003
- Chulvi-Medrano, I. (2011). Fundamentos biomecánicos de los dispositivos para el entrenamiento de fuerza: una revisión. *Scientia*, 16(1), 26-39.
- Chupel, M. U., Direito, F., Furtado, G. E., Minuzzi, L. G., Pedrosa, F. M., Colado, J. C., . . . Teixeira, A. M. (2017). Strength training decreases inflammation and increases cognition and physical fitness in older women with cognitive impairment. *Frontiers in Physiology*, 8(377), 1-13. doi:10.3389/fphys.2017.00377

- Clark, B. C. (2009). In Vivo Alterations in Skeletal Muscle Form and Function Following Disuse Atrophy. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(10), 1869-1875. doi:10.1249/01.mss.0000320982.95926.2f
- Clark, B. C., & Manini, T. M. (2008). Sarcopenia \neq dynapenia. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Science*, 63(8), 829-834. doi:10.1093/gerona/63.8.829
- Clark, B. C., & Manini, T. M. (2010). Functional consequences of sarcopenia and dynapenia in the elderly. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 3, 271-276. doi:10.1097/MCO.0b013e328337819e
- Clark, B. C., & Manini, T. M. (2012). What is dynapenia? *Nutrition*, 28(5), 495-503. doi:10.1016/j.nut.2011.12.002
- Clark, B. C., & Taylor, J. L. (2011). Age-related changes in motor cortical properties and voluntary activation of skeletal muscle. *Current Aging Science*, 4(3), 192-199. doi:10.2174/1874609811104030192
- Cobos, B. (2017). El síndrome metabólico en el anciano. (Tesis doctoral), Facultad de Medicina. Universidad Complutense de Madrid.
- Colado, J. C. (1996). *Fitness en las salas de musculación*. 3ª Edición. Inde.
- Colado, J. C. (2004). *Acondicionamiento físico en el medio acuático*. Barcelona: Paidotribo.
- Colado, J. C., & García-Massó, X. (2009). Technique and safety aspects of resistance exercises: a systematic review of the literature. *The Physician and Sportsmedicine*, 37(2), 104-111. doi:10.3810/psm.2009.06.1716
- Colado, J. C., & Moreno, J. A. (2001). *Fitness acuático*. Barcelona: Inde.
- Colado, J. C., & Triplett, N. T. (2008). Effects of short-term resistance program using elastic bands versus weight machines for sedentary middle-aged women. *The*

- Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(5), 1441-1448.
doi:10.1519/jsc.0b013e31817ae67a
- Colado, J. C., & Triplett, N. T. (2009). Monitoring the intensity of aquatic resistance exercises with devices that increase the drag force: an update. *Strength and Conditioning Journal*, 31(3), 94-100. doi:10.1519/SSC.0b013e3181a605b2
- Colado, J. C., Borreani, S., Pinto, S. S., Tella, V., Martin, F., Flandez, J., & Krueel, L. F. (2013). Neuromuscular responses during aquatic resistance exercise with different devices and depths. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(12), 3384-3390. doi:10.1519/JSC.0b013e3182915ebe
- Colado, J. C., García-Massó, X., Pellicer, M., Alakhdar, Y., Benavent, J., & Cabeza-Ruiz, R. (2010). A comparison of elastic tubing and isotonic resistance exercises. *International Journal of Sports Medicine*, 31(11), 810-817. doi:10.1055/s-0030-1262808
- Colado, J. C., Garcia-Masso, X., Rogers, M. E., Tella, V., Benavent, J., & Dantas, E. H. (2012). Effects of aquatic and dry land resistance training devices on body composition and physical capacity in postmenopausal women. *Journal of Human Kinetics*, 32(1), 185-195. doi:10.2478/v10078-012-0035-3
- Colado, J. C., Garcia-Masso, X., Triplett, T. N., Flandez, J., Borreani, S., & Tella, V. (2012). Concurrent validation of the OMNI-resistance exercise scale of perceived exertion with thera-band resistance bands. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(11), 3018-3024. doi:10.1519/JSC.0b013e318245c0c9
- Colado, J. C., Pablos, C., Chulvi-Medrano, I., Garcia-Masso, X., Flandez, J., & Behm, D. G. (2011). The progression of paraspinal muscle recruitment intensity in localized and global strength training exercises is not based on instability alone. *Archives*

- of Physical Medicine and Rehabilitation*, 92(11), 1875-1883.
doi:10.1016/j.apmr.2011.05.015
- Colado, J. C., Pedrosa, F. M., Juegas, A., Gargallo, P., Carrasco, J. J., Flandez, J., . . . Naclerio, F. (2018). Concurrent validation of the OMNI-Resistance Exercise Scale of perceived exertion with elastic bands in the elderly. *Experimental Gerontology*, 103, 11-16. doi:10.1016/j.exger.2017.12.009
- Colado, J. C., Tella, V., & Triplett, N. T. (2008). A method for monitoring intensity during aquatic resistance exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(6), 2045-2049. doi:10.1519/JSC.0b013e31817ae71f
- Colado, J. C., Triplett, N. T., Tella, V., Saucedo, P., & Abellán, J. (2009). Effects of aquatic resistance training on health and fitness in postmenopausal women. *European Journal of Applied Physiology*, 106(1), 113-122. doi:10.1007/s00421-009-0996-7
- Contreras, D., Moreno, M., Martínez, N., Araya, P., & Livacic-Rojas, P. (2006). Effects of a cognitivebehavioral intervention on the emotional variables among the elderly. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 38(1), 45-58.
- Cooper, C. (1999). Epidemiology of osteoporosis. *Osteoporosis International*, 9, 2-8. doi:10.1007/PL00004156
- Cooper, R., Kuh, D., Cooper, C., Gale, C. R., Lawlor, D. A., Matthews, F., & Hardy, R. (2011). Objective measures of physical capability and subsequent health: a systematic review. *Age and Ageing*, 40(1), 14-23. doi:10.1093/ageing/afq117
- Copeland, J. L., Good, J., & Dogra, S. (2019). Strength training is associated with better functional fitness and perceived healthy aging among physically active older adults: a cross-sectional analysis of the Canadian Longitudinal Study on Aging.

- Aging Clinical and Experimental Research*, 31(9), 1257-1263.
doi:10.1007/s40520-018-1079-6
- Cossio Bolaños, M. A., Sáez Selaivee, R., Luarte Rocha, C., Lee Andruske, C., & Gómez Campos, R. (2017). Functional capacity of older adults according to seasonal changes. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 37(2), 83-88.
doi:10.12873/372cossio
- Costa Moreira, O., Rodrigues de Oliveira, R. A., Patrocínio Oliveira, C. E., Aparecida Doimo, L., dos Santos Amorim, P. R., Camaroti Laterza, M., . . . Bouzas Marins, J. C. (2014). Risk factors for cardiovascular disease in professors from a public university. *Investigación y Educación en Enfermería*, 32(2), 280-290.
- Costa, R. R., Kanitz, A. C., Reichert, T., Prado, A. K., Coconcelli, L., Buttelli, A. C., . . . Kruel, L. F. (2018). Water-based aerobic training improves strength parameters and cardiorespiratory outcomes in elderly women. *Experimental Gerontology*, 108, 231-239. doi:10.1016/j.exger.2018.04.022
- Courneya, K. S., & Karvinen, K. H. (2007). Exercise, aging, and cancer. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 32(6), 1001-1007. doi:10.1139/H07-074
- Crow, R. S., Lohman, M. C., Titus, A. J., Cook, S. B., Bruce, M. L., Mackenzie, T. A., . . . Batsis, J. A. (2019). Association of obesity and frailty in older adults: NHANES 1999–2004. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 23(2), 138-144.
doi:10.1007/s12603-018-1138-x
- Cruz-Sánchez, E., Moreno-Contreras, M. I., Pino-Ortega, J., & Martínez-Santos, R. (2011). Leisure time physical activity and its relationships with some mental health indicators in Spain through the national health survey. *Salud Mental*, 34(1), 45-52.

- Cummings, J., Lee, G., Mortsdorf, T., Ritter, A., & Zhong, K. (2017). Alzheimer's disease drug development pipeline: 2017. *3*(3), 367-384. doi:10.1016/j.trci.2017.05.002
- Cummings, S. R., & Melton, L. J. (2002). Epidemiology and outcomes of osteoporotic fractures. *Lancet*, *359*(9319), 1761-1767. doi:10.1016/S0140-6736(02)08657-9
- Cummings, S. R., Black, D. M., & Rubin, S. M. (1989). Lifetime risks of hip, Colles', or vertebral fracture and coronary heart disease among white postmenopausal women. *Archives of Internal Medicine*, *149*(11), 2445-2448. doi:10.1001/archinte.1989.00390110045010
- Daly, R. M., Dunstan, D. W., Owen, N., Jolley, D., Shaw, J. E., & Zimmet, P. Z. (2005). Does high-intensity resistance training maintain bone mass during moderate weight loss in older overweight adults with type 2 diabetes? *Osteoporosis International*, *16*(12), 1703-1712. doi:10.1007/s00198-005-1906-4
- Dantas, E. (1999). *Flexibilidade: alongamento e flexionamento* (4ª ed.). Rio de Janeiro: Shape.
- Day, M. L., McGuigan, M. R., Brice, G., & Foster, C. (2004). Monitoring exercise intensity during resistance training using the session RPE scale. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *18*(2), 353-358. doi:10.1519/R-13113.1
- de Hoyos-Alonso, M. C., Bonis, J., Tapias-Merino, E., Castell, M. V., & Otero, A. (2016). Estimated prevalence of dementia based on analysis of drug databases in the Region of Madrid (Spain). *Neurología*, *31*(1), 1-8. doi:10.1016/j.nrl.2014.08.008
- de Oliveira, M. R., da Silva, R. A., Dascal, J. B., & Teixeira, D. C. (2014). Effect of different types of exercise on postural balance in elderly women: A randomized controlled trial. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, *59*(3), 506-514. doi:10.1016/j.archger.2014.08.009

- de Vos, N. J., Singh, N. A., Ross, D. A., Stavrinou, T. M., Orr, R., & Fiatarone Singh, M. A. (2005). Optimal load for increasing muscle power during explosive resistance training in older adults. *The journals of gerontology. Series A*, *60*(5), 638-647. doi:10.1093/gerona/60.5.638
- Degens, H. (2019). Human ageing: impact on muscle force and power. *Muscle and Exercise Physiology*, 423-432. doi:10.1016/B978-0-12-814593-7.00019-0
- De-Juanas, A., Limón, M. R., & Navarro, E. (2013). Analysis of psychological well-being, perceived health status and quality of life in older adults. *Pedagogía Social. Revista Interuniversitaria*, *22*(1), 153-168. doi:10.7179/PSRI_2013.22.11
- Delbono, O. (2011). Expression and regulation of excitation-contraction coupling proteins in aging skeletal muscle. *Current Aging Science*, *4*(3), 248-259. doi:10.2174/1874609811104030248
- Delgado, E. S., Muñoz, M. G., Montero, B. E., Sánchez, C. C., Gallagher, P. F., & Cruz-Jentoft, A. J. (2009). Inappropriate prescription in older patients: The STOPP/START criteria. *Revista Española de Geriatria y Gerontología*, *44*(5), 273-279. doi:10.1016/j.regg.2009.03.017
- Delmonico, M. J., Harris, T. B., Visser, M., Park, S. W., Conroy, M. B., Velasquez-Mieler, P., . . . Goodpaster, B. H. (2009). Longitudinal study of muscle strength, quality, and adipose tissue infiltration. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *90*(6), 1579-1585. doi:10.3945/ajcn.2009.28047
- Delmonico, M. J., Kostek, M. C., Johns, J., Hurley, B. F., & Conway, J. M. (2008). Can dual energy X-ray absorptiometry provide a valid assessment of changes in thigh muscle mass with strength training in older adults? *62*(12), 1372-1378. doi:10.1038/sj.ejcn.1602880

- Demerath, E. W., Guo, S. S., Chumlea, W. C., Towne, B., Roche, A. F., & Siervogel, R. M. (2002). Comparison of percent body fat estimates using air displacement plethysmography and hydrodensitometry in adults and children. *International Journal of Obesity*, 26(3), 389-397. doi:10.1038/sj.ijo.0801898
- Desmedt, J. E., & Godaux, E. (1977). Ballistic contractions in man: characteristic recruitment pattern of single motor units of the tibialis anterior muscle. *The Journal of Physiology*, 264(3), 673-693. doi:10.1113/jphysiol.1977.sp011689
- DeSouza, C. A., Shapiro, L. F., Clevenger, C. M., Dinunno, F. A., Monahan, K. D., Tanaka, H., & Seals, D. R. (2000). Regular aerobic exercise prevents and restores age-related declines in endothelium-dependent vasodilation in healthy men. *Circulation*, 102(12), 1351-1357. doi:10.1161/01.cir.102.12.1351
- Díaz, D., Rodríguez-Carvajal, R., Blanco, A., Moreno-Jiménez, B., Gallardo, I., Valle, C., & van Dierendonck, D. (2006). Adaptación española de las escalas de bienestar psicológico de Ryff. *Psicothema*, 18(3), 572-577.
- Diener, E., & Chan, M. Y. (2011). Happy people live longer: subjective wellbeing contributes to health and longevity. *Applied Psychology: Health and Well-Being*, 3(1), 1-43. doi:10.1111/j.1758-0854.2010.01045.x
- Ding, L., & Yang, F. (2016). Muscle weakness is related to slip-initiated falls among community-dwelling older adults. *Journal of Biomechanics*, 49(2), 238-243. doi:10.1016/j.jbiomech.2015.12.009
- Dixon, C. B., Deitrick, R. W., Pierce, J. R., Cutrufello, P. T., & Drapeau, L. L. (2005). Evaluation of the BOD POD and leg-to-leg bioelectrical impedance analysis for estimating percent body fat in National Collegiate Athletic Association Division III collegiate wrestlers. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 85-91. doi:10.1519/14053.1

- Dodds, R. M., Kuh, D., Sayer, A. A., & Cooper, R. (2018). Can measures of physical performance in mid-life improve the clinical prediction of disability in early old age? Findings from a British birth cohort study. *Experimental Gerontology, 110*, 118-124. doi:10.1016/j.exger.2018.06.001
- Donnelly, J. E., Blair, S. N., Jakicic, J. M., Manore, M. M., Rankin, J. W., & Smith, B. K. (2009). American College of Sports Medicine Position Stand. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 41*(2), 459-471. doi:10.1249/MSS.0b013e3181949333
- Dopsaj, M., & Ivanović, J. (2011). The analysis of the reliability and factorial validity in the basic characteristics of isometric f-t curve of the leg extensors in well trained serbian males and females. *Measurement Science Review, 11*(5), 165–172. doi:10.2478/v10048-011-0027-9
- Douris, P., Southard, V., Varga, C., Schauss, W., Gennaro, C., & Reiss, A. (2003). The effect of land and aquatic exercise on balance scores in older adults. *Journal of Geriatric Physical Therapy, 26*(1), 3-6. doi:10.1519/00139143-200304000-00001
- Drouin, J. M., Valovich-mcLeod, T. C., Shultz, S. J., Gansneder, B. M., & Perrin, D. H. (2004). Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. *European Journal of Applied Physiology, 91*(1), 22-29. doi:10.1007/s00421-003-0933-0
- Duchateau, J., & Enoka, R. M. (2002). Neural adaptations with chronic activity patterns in able-bodied humans. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation, 81*(11), 17-27. doi:10.1097/00002060-200211001-00004

- Dugan, E. L., Doyle, T. L., Humphries, B., Hasson, C. J., & Newton, R. U. (2004). Determining the optimal load for jump squats: A review of methods and calculations. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 668-674. doi:10.1519/1533-4287(2004)18<668:DTOLFJ>2.0.CO;2
- Duncan, P. W., Weiner, D. K., Chandler, J., & Studenski, S. (1990). Functional reach: a new clinical measure of balance. *Journal of Gerontology*, 45(6), 192-197. doi:10.1093/geronj/45.6.m192
- Duncan, R. L., & Turner, C. H. (1995). Mechanotransduction and the functional response of bone to mechanical strain. *Calcified Tissue International*, 57(5), 344-358. doi:10.1007/bf00302070
- Dunstan, D. W., Daly, R. M., Owen, N., Jolley, D., De Courten, M., Shaw, J., & Zimmet, P. (2002). High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 25(10), 1729-1736. doi:10.2337/diacare.25.10.1729
- Dupont, G., Moalla, W., Guinhouya, C., Ahmaidi, S., & Berthoin, S. (2004). Passive versus active recovery during high-intensity intermittent exercises. *Medicine y Science in Sports y Exercise*, 36(2), 302-308. doi:10.1249/01.MSS.0000113477.11431.59
- Dupont, G., Moalla, W., Matran, R., & Berthoin, S. (2007). Effect of short recovery intensities on the performance during two Wingate tests. *Medicine y Science in Sports y Exercise*, 39(7), 1170-1176. doi:10.1249/mss.0b013e31804c9976
- Dupuy, H. J. (1984). *The psychological general well-being (PGWB) index*. N.K. Wenger, M.E. Assessment of quality of life in clinical trial of cardiovascular therapies. Le Jacq Publishing, New York.184-188.

- Durden, E., Pinto, L., Lopez-Gonzalez, L., Juneau, P., & Barron, R. (2017). Two-year persistence and compliance with osteoporosis therapies among postmenopausal women in a commercially insured population in the United States. *Archives of Osteoporosis*, *12*(1), 22-30. doi:10.1007/s11657-017-0316-5
- Duzel, E., van Praag, H., & Sendtner, M. (2016). Can physical exercise in old age improve memory and hippocampal function? *Brain*, *139*(3), 662-673. doi:10.1093/brain/awv407
- Dvir, Z. (1991). Clinical applicability of isokinetics: A review. *Clinical Biomechanics*, *6*(3), 133-144. doi:10.1016/0268-0033(91)90024-K
- Dvir, Z. (1995). *Isokinetics: muscle testing, interpretation and clinical* (1st ed. Edinburgh ed.). UK: Churchill Livingstone.
- Dziubek, W., Bulińska, K., Rogowski, Ł., Gołębiowski, T., Kuształ, M., Grochola, M., . . . Woźniewski, M. (2015). The effects of aquatic exercises on physical fitness and muscle function in dialysis patients. *BioMed Research International*, *2015*, 912980, 9 pages. doi:10.1155/2015/912980
- Elbar, O., Tzedek, I., Vered, E., Shvarth, G., Friger, M., & Melzer, I. (2013). A water-based training program that includes perturbation exercises improves speed of voluntary stepping in older adults: A randomized controlled cross-over trial. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, *56*(1), 134-140. doi:10.1016/j.archger.2012.08.003
- Englund, U., Littbrand, H., Sundell, A., Pettersson, U., & Bucht, G. (2005). A 1-year combined weight-bearing training program is beneficial for bone mineral density and neuromuscular function in older women. *Osteoporosis International*, *16*(9), 1117-1123. doi:10.1007/s00198-004-1821-0

- Erickson, K. I., Grove, G. A., Burns, J. M., Hillman, C. H., Kramer, A. F., McAuley, E., . . . Wollam, M. E. (2019). Investigating gains in neurocognition in an intervention trial of exercise (ignite): Protocol. *Contemporary Clinical Trials*, 85(1), (in press). doi:10.1016/j.cct.2019.105832
- EuroQol Group. (1990). EuroQol-a new facility for the measurement of health-related quality of life. *Health Policy*, 16(3), 199-208. doi:10.1016/0168-8510(90)90421-9
- Evans, W. J. (1995). What is sarcopenia? *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 50(Spec No), 5-8. doi:10.1093/gerona/50a.special_issue.5
- Fathi Kazerooni, A., Pozo, J. M., McCloskey, E. V., Saligheh Rad, H., & Frangi, A. F. (2019). Diffusion MRI for assessment of bone quality; a review of findings in healthy aging and osteoporosis. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, (18 pages). doi:10.1002/jmri.26973
- Fatouros, I. G., Kambas, A., Katrabasas, I., Leontsini, D., Chatzinikolaou, A., Jamurtas, A. Z., . . . Taxildaris, K. (2006). Resistance training and detraining effects on flexibility performance in the elderly are intensity-dependent. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(3), 634-642. doi:10.1519/R-17615.1
- Fatouros, I., Kambas, A., Katrabasas, I., Nikolaidis, K., Chatzinikolaou, A., Leontsini, D., & Taxildaris, K. (2005). Strength training and detraining effects on muscular strength, anaerobic power, and mobility of inactive older men are intensity dependent. *British Journal of Sports Medicine*, 39(10), 776-780. doi:10.1136/bjism.2005.019117
- Fazio, A. F. (1977). A concurrent validation study of the NCHS General Well-Being Schedule. *Vital and Health Statistics Series*, 73, 1-53.

- Fedor, A., Garcia, S., & Gunstad, J. (2015). The effects of a brief, water-based exercise intervention on cognitive function in older adults. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 30(2), 139-147. doi:10.1093/arclin/acv001
- Feiring, D. C., Ellenbecker, T. S., & Derscheid, G. L. (1990). Test-retest reliability of the biodex isokinetic dynamometer. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 11(7), 298-300. doi:10.2519/jospt.1990.11.7.298
- Feletti, F., Mucci, V., & Aliverti, A. (2019). Chapter 62 - - Posture analysis in extreme sports. *DHM and Posturography*, 62, 791-798. doi:10.1016/B978-0-12-816713-7.00062-3
- Fernandez, D. M., Clemente, J. C., & Giannarelli, C. (2018). Physical activity, immune system, and the microbiome in cardiovascular disease. *Frontiers in Physiology*, 9, 763. doi:10.3389/fphys.2018.00763
- Ferra, A., Bibiloni, M. D. M., Zapata, M. E., Pich, J., Pons, A., & Tur, J. A. (2012). Body mass index, life-style, and healthy status in free living elderly people in menorca island. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 16(4), 298-305.
- Ferrer, M., Alonso, J., Morera, J., Marrades, R. M., Khalaf, A., Aguar, M. C., . . . Antó, J. M. (1997). Chronic obstructive pulmonary disease stage and health-related quality of life. *Annals of Internal Medicine*, 127(12), 1072-1079. doi:10.7326/0003-4819-127-12-199712150-00003
- Ferretti, J. L., Cointry, G. R., Capozza, R. F., & Frost, H. M. (2003). Bone mass, bone strength, muscle-bone interactions, osteopenias and osteoporoses. *Mechanisms of Ageing and Development*, 124(3), 269-279. doi:10.1016/s0047-6374(02)00194-x
- Ferretti, J. L., Cointry, G., & Capozza, R. (2001). Regulación biomecánica y modulación endocrinometabólica de la eficiencia estructural ósea. *Osteoporosis: Fisiopatología, Diagnóstico, Prevención y Tratamiento*, 6, 72-97.

- Fiatarone, M. A., O'Neill, E. F., Ryan, N. D., Clements, K. M., Solares, G. R., Nelson, M. E., . . . Evans, W. J. (1994). Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *The New England Journal of Medicine*, 330(25), 1769-1775. doi:10.1056/NEJM199406233302501
- Fields, D. A., & Hunter, G. R. (2004). Monitoring body fat in the elderly: application of air-displacement plethysmography. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 7(1), 11-14. doi:10.1097/00075197-200401000-00003
- Fields, D. A., Goran, M. I., & McCrory, M. A. (2002). Body-composition assessment via air-displacement plethysmography in adults and children: a review. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 75(3), 453-467. doi:10.1093/ajcn/75.3.453
- Finkelstein, J. S., Brockwell, S. E., Mehta, V., Greendale, G. A., Sowers, M. R., Ettinger, B., . . . Neer, R. M. (2008). Bone mineral density changes during the menopause transition in a multiethnic cohort of women. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 93(3), 861-868. doi:10.1210/jc.2007-1876
- Flández, J. (2014). *Efectos del entrenamiento de fuerza con diferentes materiales sobre el metabolismo y la aptitud funcional en mujeres adultas y sedentarias con síndrome metabólico*. (Tesis doctoral), Departamento de Educación Física y Deportiva. Universidad de Valencia.
- Folland, J. P., & Williams, A. G. (2007). The adaptations to strength training : morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Medicine*, 37(2), 145-168. doi:10.2165/00007256-200737020-00004
- Folland, J., Irish, C., Roberts, J., Tarr, J., Jones, D., & Williams, A. (2002). Fatigue is not a necessary stimulus for strength gains during resistance training. *British Journal of Sports Medicine*, 36(5), 370-374. doi:10.1136/bjism.36.5.370

- Forman, D. E., Arena, R., Boxer, R., Dolansky, M. A., Eng, J. J., Fleg, J. L., . . . Shen, W. K. (2017). Prioritizing functional capacity as a principal end point for therapies oriented to older adults with cardiovascular disease: a scientific statement for healthcare professionals from the American Heart Association. *Circulation*, *135*(16), 894-918. doi:10.1161/CIR.0000000000000483
- Forwood, M. R., & Turner, C. H. (1995). Skeletal adaptations to mechanical usage: results from tibial loading studies in rats. *Bone*, *17*(4), 197-205. doi:10.1016/8756-3282(95)00292-1
- Fox, K. R., Stathi, A., McKenna, J., & Davis, M. G. (2007). Physical activity and mental well-being in older people participating in the better ageing project. *European Journal of Applied Physiology*, *100*(5), 591-602. doi:10.1007/s00421-007-0392-0
- Fragala, M. S., Cadore, E. L., Dorgo, S., Izquierdo, M., Kraemer, W. J., Peterson, M. D., & Ryan, E. D. (2019). Resistance training for older adults: position statement from the National Strength and Conditioning Association. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *33*(8), 2019-2052. doi:10.1519/JSC.0000000000003230
- Franco, O. H., de Laet, C., Peeters, A., Jonker, K., Mackenbach, J., & Nusselder, W. (2005). Effects of physical activity on life expectancy with cardiovascular disease. *Archives of Internal Medicine*, *165*(20), 2355-2360. doi:10.1001/archinte.165.20.2355
- Freda, P. U., Shen, W., Reyes-Vidal, C. M., Geer, E. B., Arias-Mendoza, F., Gallagher, D., & Heymsfield, S. B. (2009). Skeletal muscle mass in acromegaly assessed by magnetic resonance imaging and dual-photon x-ray absorptiometry. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, *94*(8), 2880-2886. doi:10.1210/jc.2009-0026

- Friedenreich, C. M., MacLaughlin, S., Neilson, H. K., Stanczyk, F. Z., Yasui, Y., Duha, A., . . . Courneya, K. S. (2014). Study design and methods for the breast cancer and exercise trial in alberta (BETA). *BMC Cancer*, *14*(1), 919-934. doi:10.1186/1471-2407-14-919
- Fritz, N. B., Juestas, Á., Gargallo, P., Calatayud, J., Fernández-Garrido, J., Rogers, M. E., & Colado, J. C. (2018). Positive effects of a short-term intense elastic resistance training program on body composition and physical functioning in overweight older women. *Biological Research for Nursing*, *20*(3), 321-334. doi:10.1177/1099800418757676
- Frontera, W. R., Hughes, V. A., Fielding, R. A., Fiatarone, M. A., Evans, W. J., & Roubenoff, R. (2000). Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. *Journal of Applied Physiology*, *88*(4), 1321-1326. doi:10.1152/jappl.2000.88.4.1321
- Frost, H. M. (1987). Bone “mass” and the “mechanostat”: A proposal. *The Anatomical Record*, *219*(1), 1-9. doi:10.1002/ar.1092190104
- Frost, H. M. (1999). On the estrogen-bone relationship and postmenopausal bone loss: A new model. *Journal of Bone and Mineral Research*, *14*(9), 1473-1477. doi:10.1359/jbmr.1999.14.9.1473
- Fuller, N. J., Hardingham, C. R., Graves, M., Screatton, N., Dixon, A. K., Ward, L. C., & Elia, M. (1999). Assessment of limb muscle and adipose tissue by dual-energy X-ray absorptiometry using magnetic resonance imaging for comparison. *International Journal of Obesity*, *23*(12), 1295-1302. doi:10.1038/sj.ijo.0801070
- Gaedtke, A., & Morat, T. (2016). Effects of two 12-week strengthening programmes on functional mobility, strength and balance of older adults: Comparison between TRX suspension training versus an elastic band resistance training. *Central*

- European Journal of Sport Sciences and Medicine*, 13(1), 49-64.
doi:10.18276/cej.2016.1-05
- Gagey, M., & Weber, B. (2001). *Posturología. Regulación y alteraciones de la bipedestación* (Vol. 22). Barcelona: Masson.
- Garatachea, N., Molinero, O., Martínez-García, R., Jiménez-Jiménez, R., González-Gallego, J., & Márquez, S. (2009). Feelings of well being in elderly people: relationship to physical activity and physical function. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 48(3), 306-312. doi:10.1016/j.archger.2008.02.010
- Garatachea, N., Torres Luque, G., & González Gallego, J. (2010). Physical activity and energy expenditure measurements using accelerometers in older adults. *Nutrición Hospitalaria*, 25(2), 224-230.
- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I., . . . Swain, D. P. (2011). Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(7), 1334-1359. doi:10.1249/MSS.0b013e318213febf
- García, A. M., Santibáñez, M., & Soriano, G. (2004). Utilización de un cuestionario de salud percibida (SF-36) en vigilancia de la salud de los trabajadores. *Archivos de Prevención de Riesgos Laborales*, 7(3), 88-98.
- García, C. (2015). Estudio sobre la aproximación del impacto del ejercicio físico y tratamiento farmacológico en la osteoporosis de mujeres postmenopáusicas. (Tesis doctoral), Departamento de Educación Física y Deportiva. Universidad de Valencia.
- García, M. C. (2017). Análisis descriptivo de las caídas y factores de riesgo asociados en personas mayores institucionalizadas de la región de murcia. (Tesis doctoral),

- Programa de Doctorado en Ciencias Sociales y de la Salud. Universidad Católica de Murcia.
- García-Fojeda, A., Biosca, F., & Valios, J. (1997). La biomecánica: Una herramienta para la evaluación de la técnica deportiva. *Apunts. Educación física y deportes*, *1*(47), 15-20.
- García-Gomariz, C., Igual-Camacho, C., Hernández-Guillen, D., & Blasco, J. M. (2019). Effects of a combined impact, strength and endurance exercise program in the prevention of osteoporosis in post-menopausal women. *Fisioterapia*, *41*(1), 4-11. doi:10.1016/j.ft.2018.11.001
- García-Molina, V. A., Carbonell-Baeza, A., & Delgado-Fernández, M. (2010). Health benefits of physical activity in older people. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, *10*(40), 556-576.
- García-Viniegras, C. R., & González-Benítez, I. (2000). La categoría bienestar psicológico. Su relación con otras categorías sociales. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, *16*(6), 586-592.
- Gardinier, J. D., Mohamed, F., & Kohn, D. H. (2015). PTH signaling during exercise contributes to bone adaptation. *Journal of Bone and Mineral Research*, *30*(6), 1053-1063. doi:10.1002/jbmr.2432
- Gargallo, P., Colado, J. C., Jueas, Á., Hernando-Espinilla, A., Estañ-Capell, N., Monzó-Beltran, L., . . . Sáez, G. T. (2018). The effect of moderate- versus high-intensity resistance training on systemic redox state and DNA damage in healthy older women. *Biological Research for Nursing*, *20*(2), 205-217. doi:10.1177/1099800417753877

- Gargallo, P., Flandez, J., Colado, J. C., Calatayud, J., Madera, J., & Moya, D. (2014). Elastic tubing and free weights achieved comparable improvements in pre and postmenopausal women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28, S81.
- Gennari, L., Merlotti, D., & Nuti, R. (2010). Selective estrogen receptor modulator (SERM) for the treatment of osteoporosis in postmenopausal women: focus on lasofoxifene. *Clinical Interventions in Aging*, 5(1), 19-29. doi:10.2147/cia.s6083
- George, L. K. (2006). *Perceived quality of life*. In R. Binstock and L.K. George (Eds.), *Handbook of aging and the social sciences*. New York: Academic Press.
- Ghigiarelli, J. J., Nagle, E. F., Gross, F. L., Robertson, R. J., Irrgang, J. J., & Myslinski, T. (2009). The effects of a 7-wk heavy elastic band and weight chain program on upper body strength and upper body power in a sample of Division 1-AA football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(3), 756-764. doi:10.1519/JSC.0b013e3181a2b8a2
- Giacomozzi, C., & Macellari, V. (1997). Piezo-dynamometric platform for a more complete analysis of foot-to-floor interaction. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 5(4), 322-330. doi:10.1109/86.650285
- Gianni, M. L., Roggero, P., Piemontese, P., Morlacchi, L., Bracco, B., Taroni, F., . . . Mosca, F. (2015). Boys who are born preterm show a relative lack of fat-free mass at 5 years of age compared to their peers. *Acta Paediatrica*, 104(3), 119-123. doi:10.1111/apa.12856
- Gillespie, L. D., Gillespie, W. J., Robertson, M. C., Lamb, S. E., Cumming, R. G., & Rowe, B. H. (2003). Interventions for preventing falls in elderly people. *Cochrane Database Systematic Reviews*(4). doi:10.1002/14651858.CD000340
- Gillespie, L. D., Robertson, M. C., Gillespie, W. J., Sherrington, C., Gates, S., Clemson, L. M., & Lamb, S. E. (2012). Interventions for preventing falls in older people

- living in the community. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 12(9), 1-4.
doi:10.1002/14651858.CD007146
- Gleeson, N. P., & Mercer, T. H. (1992). Reproducibility of isokinetic leg strength and endurance characteristics of adult men and women. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 65(3), 221-228.
doi:10.1007/bf00705085
- Gleeson, N. P., & Mercer, T. H. (1996). The utility of isokinetic dynamometry in the assessment of human muscle function. *Sports Medicine*, 21(1), 18-34.
doi:10.2165/00007256-199621010-00003
- Glickman, S. G., Marn, C. S., Supiano, M. A., & Dengel, D. R. (2004). Validity and reliability of dual-energy X-ray absorptiometry for the assessment of abdominal adiposity. *Journal of Applied Physiology*, 97(2), 509-514.
doi:10.1152/jappphysiol.01234.2003
- Goldstein, I., Tseng, L., Creanga, D., Stecher, V., & Kaminetsky, J. C. (2016). Efficacy and safety of sildenafil by age in men with erectile dysfunction. *The Journal of Sexual Medicine*, 13(5), 852-859. doi:10.1016/j.jsxm.2016.02.166
- Gomez Alonso, C., Bernardino Diaz, J., & Cannata Andía, J. B. (1996). *Metodología de la evaluación de la masa ósea. Nuevas fronteras en el estudio de la densidad ósea en la población española*. Madrid: EDIMSA.
- Gomez-Cabello, A., Pedrero-Chamizo, R., Olivares, P. R., Luzardo, L., Juez-Bengoechea, A., Mata, E., . . . Ara, I. (2011). Prevalence of overweight and obesity in non-institutionalized people aged 65 or over from Spain: the elderly EXERNET multi-centre study. *Obesity Reviews*, 12(8), 583-592.
doi:10.1111/j.1467-789X.2011.00878.x

- González, L. A., Vásquez, G. M., & Molina, J. F. (2009). Epidemiology of osteoporosis. *Revista Colombiana de Reumatología*, *16*(1), 61-75. doi:10.1016/S0121-8123(09)70119-7
- González, S. (2015). Efecto de los aminobifosfonatos y tiacidas en pacientes con osteopenia/osteoporosis y litiasis renal cálcica recidivante. (Tesis doctoral), Departamento de Cirugía y sus Especialidades. Universidad de Granada.
- González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, *31*(5), 347-352. doi:10.1055/s-0030-1248333
- González-Serrano, G., Huéscar, E., & Moreno-Murcia, J. A. (2013). Satisfacción con la vida y el ejercicio físico. *European Journal of Human Movement*, *30*, 131-151.
- Graef, F. I., Pinto, R. S., Alberton, C. L., de Lima, W. C., & Kruel, L. F. (2010). The effects of resistance training performed in water on muscle strength in the elderly. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *24*(11), 3150-3156. doi:10.1519/JSC.0b013e3181e2720d
- Granacher, U., Zahner, L., & Gollhofer, A. (2008). Strength, power, and postural control in seniors: Considerations for functional adaptations and for fall prevention. *European Journal of Sport Science*, *8*(6), 325-340. doi:10.1080/17461390802478066
- Gray, M., & Paulson, S. (2014). Developing a measure of muscular power during a functional task for older adults. *BMC Geriatrics*, *14*(1), 145. doi:10.1186/1471-2318-14-145
- Grönstedt, H., Hellström, K., Bergland, A., Helbostad, J. L., Puggaard, L., Andresen, M., ... Frändin, K. (2011). Functional level, physical activity and wellbeing in nursing

- home residents in three nordic countries. *Aging Clinical and Experimental Research*, 23((5-6)), 413-420. doi:10.1007/bf03337766
- Guerrini, M. M., & Takayanagi, H. (2014). The immune system, bone and RANKL. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 561, 118-123. doi:10.1016/j.abb.2014.06.003
- Günther, C. M., Bürger, A., Rickert, M., Crispin, A., & Schulz, C. U. (2008). Grip strength in healthy caucasian adults: reference values. *The Journal of Hand Surgery*, 33(4), 558-565. doi:10.1016/j.jhsa.2008.01.008
- Guo, S. S., Zeller, C., Chumlea, W. C., & Siervogel, R. M. (1999). Aging, body composition, and lifestyle: the fels longitudinal study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70(3), 405-411. doi:10.1093/ajcn/70.3.405
- Haff, G. G. (2000). Roundtable discussion: machines versus free weights. *Strength and Conditioning Journal*, 22(6), 18-30. doi:10.1519/00126548-200012000-00004
- Hairi, N. N., Cumming, R. G., Naganathan, V., Handelsman, D. J., Le Couteur, D. G., Creasey, H., . . . Sambrook, P. N. (2010). Loss of muscle strength, mass (sarcopenia), and quality (specific force) and its relationship with functional limitation and physical disability: the Concord Health and Ageing in Men Project. *Journal of the American Geriatrics Society*, 58(11), 2055-2062. doi:10.1111/j.1532-5415.2010.03145.x
- Häkkinen, K., Kallinen, M., Izquierdo, M., Jokelainen, K., Lassila, H., Mälkiä, E., . . . Alen, M. (1998). Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. *Journal of Applied Physiology*, 84(4), 1341-1349. doi:10.1152/jappl.1998.84.4.1341
- Haltom, R. W., Kraemer, R. R., Sloan, R. A., Hebert, E. P., Frank, K., & Tryniecki, J. L. (1999). Circuit weight training and its effects on excess postexercise oxygen

- consumption. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31(11), 1613-1618.
doi:10.1097/00005768-199911000-00018
- Hamaguchi, K., Kurihara, T., Fujimoto, M., Iemitsu, M., Sato, K., Hamaoka, T., & Sanada, K. (2017). The effects of low-repetition and light-load power training on bone mineral density in postmenopausal women with sarcopenia: a pilot study. *BMC Geriatrics*, 17(1), 102-109. doi:10.1186/s12877-017-0490-8
- Hamano, S., Ochi, E., Tsuchiya, Y., Muramatsu, E., Suzukawa, K., & Igawa, S. (2015). Relationship between performance test and body composition/physical strength characteristic in sprint canoe and kayak paddlers. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 6, 191-199. doi:10.2147/OAJSM.S82295
- Hamilton, C. J., Swan, V. J., & Jamal, S. A. (2010). The effects of exercise and physical activity participation on bone mass and geometry in postmenopausal women: a systematic review of pQCT studies. *Osteoporosis International*, 21(1), 11-23. doi:10.1007/s00198-009-0967-1
- Harada, N. D., Chiu, V., & Stewart, A. L. (1999). Mobility-related function in older adults: assessment with a 6-minute walk test. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 80(7), 837-841. doi:10.1016/s0003-9993(99)90236-8
- Hass, C. J., Feigenbaum, M. S., & Franklin, B. A. (2001). Prescription of resistance training for healthy populations. *Sports Medicine*, 31(14), 953-964. doi:10.2165/00007256-200131140-00001
- Heinonen, A., Kannus, P., Sievänen, H., Oja, P., Pasanen, M., Rinne, M., . . . Vuori, I. (1996). Randomised controlled trial of effect of high-impact exercise on selected risk factors for osteoporotic fractures. *Lancet*, 348(9038), 1343-1347. doi:10.1016/S0140-6736(96)04214-6

- Heinonen, A., Oja, P., Kannus, P., Sievänen, H., Haapasalo, H., Mänttari, A., & Vuori, I. (1995). Bone mineral density in female athletes representing sports with different loading characteristics of the skeleton. *Bone*, *17*(3), 197-203. doi:10.1016/8756-3282(95)00151-3
- Heinonen, A., Sievänen, H., Kannus, P., Oja, P., & Vuori, I. (2002). Site-specific skeletal response to long-term weight training seems to be attributable to principal loading modality: a pQCT study of female weightlifters. *Calcified Tissue International*, *70*(6), 469-474. doi:10.1007/s00223-001-1019-9
- Heinonen, A., Sievänen, H., Kyröläinen, H., Perttunen, J., & Kannus, P. (2001). Mineral mass, size, and estimated mechanical strength of triple jumpers' lower limb. *Bone*, *29*(3), 279-285. doi:10.1016/s8756-3282(01)00574-9
- Hernán, O., & Ramírez-Vélez, R. (2011). Strength training improves insulin sensitivity and plasma lipid levels without altering body composition in overweight and obese subjects. *Endocrinología y Nutrición*, *58*(4), 169-174. doi:10.1016/j.endonu.2011.02.005
- Hernández-Elizondo, J. (2004). Recomendaciones en la prescripción del entrenamiento con pesas (contra resistencia) para diabéticos e hipertensos. *Revista Educación*, *28*(2), 269-278. doi:10.15517/revedu.v28i2.2264
- Hert, J., Lisková, M., & Landa, J. (1971). Reaction of bone to mechanical stimuli. 1. Continuous and intermittent loading of tibia in rabbit. *Folia Morphologica*, *19*(3), 290-300.
- Heywood, S., McClelland, J., Geigle, P., Rahmann, A., Villalta, E., Mentiplay, B., & Clark, R. (2019). Force during functional exercises on land and in water in older adults with and without knee osteoarthritis: Implications for rehabilitation. *The Knee*, *26*(1), 61-72. doi:10.1016/j.knee.2018.11.003

- Hickman, R. A., Faustin, A., & Wisniewski, T. (2016). Alzheimer Disease and Its Growing Epidemic. *Neurologic Clinics*, 34(4), 941-953. doi:10.1016/j.ncl.2016.06.009
- Hicks, A. L., Martin, K. A., Ditor, D. S., Latimer, A. E., Craven, C., Bugaresti, J., & McCartney, N. (2003). Long-term exercise training in persons with spinal cord injury: effects on strength, arm ergometry performance and psychological well-being. *Spinal Cord*, 41(1), 34-43. doi:10.1038/sj.sc.3101389
- Hicks, C., Levinger, P., Menant, J. C., Lord, S. R., Sachdev, P. S., Brodaty, H., & Sturnieks, D. L. (2020). Reduced strength, poor balance and concern about falls mediate the relationship between knee pain and fall risk in older people. *BMC Geriatrics*, 20, 94. doi:10.1186/s12877-020-1487-2
- Hilgsmann, M., Evers, S. M., Ben Sedrine, W., Kanis, J. A., Ramaekers, B., Reginster, J. Y., . . . Boonen, A. (2015). A systematic review of cost-effectiveness analyses of drugs for postmenopausal osteoporosis. *Pharmacoeconomics*, 33(3), 205-224. doi:10.1007/s40273-014-0231-1
- Hill, K. D., Bernhardt, J., McGann, A. M., Maltese, D., & Berkovits, D. (1996). A new test of dynamic standing balance for stroke patients: reliability, validity and comparison with healthy elderly. *Physiotherapy Canada*, 48(4), 257-262. doi:10.3138/ptc.48.4.257
- Honda, A., Matsumoto, M., Kato, T., & Umemura, Y. (2015). Exercise characteristics influence femoral cross-sectional geometry: a magnetic resonance imaging study in elite female athletes. *Osteoporosis International*, 26(3), 1093-1098. doi:10.1007/s00198-014-2935-7

- Hootman, J. M. (2007). Physical Activity and Health, Physical activity, fitness, and joint and bone health In: C. Bouchard, S. N. Blair and W. L. Haskell (Eds.): Champaign, IL: Human Kinetics.
- Hortobágyi, T., Solnik, S., Gruber, A., Rider, P., Steinweg, K., Helseth, J., & DeVita, P. (2009). Interaction between age and gait velocity in the amplitude and timing of antagonist muscle coactivation. *Gait & Posture*, 29(4), 558-564. doi:10.1016/j.gaitpost.2008.12.007
- Howe, T. E., Rochester, L., Jackson, A., Banks, P. M., & Blair, V. A. (2007). Exercise for improving balance in older people. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*(4), CD004963. doi:10.1002/14651858.CD004963.pub3
- Howe, T. E., Rochester, L., Neil, F., Skelton, D. A., & Ballinger, C. (2011). Exercise for improving balance in older people. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 9(11). doi:10.1002/14651858.CD004963
- Howe, T. E., Shea, B., Dawson, L. J., Downie, F., Murray, A., Ross, C., . . . Creed, G. (2011). Exercise for preventing and treating osteoporosis in postmenopausal women. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 6(7). doi:10.1002/14651858.CD000333.pub2
- Hsieh, Y. F., & Turner, C. H. (2001). Effects of loading frequency on mechanically induced bone formation. *Journal of Bone and Mineral Research*, 16(5), 918-924. doi:10.1359/jbmr.2001.16.5.918
- Huang, Z., Feng, Y., Li, Y., & Sheng, C. (2017). Systematic review and meta-analysis: Tai Chi for preventing falls in older adults. *BMJ Open*, 7(2), e013661. doi:10.1136/bmjopen-2016-013661
- Hubert, H. B., Feinleib, M., McNamara, P. M., & Castelli, W. P. (1983). Obesity as an independent risk factor for cardiovascular disease: a 26-year follow-up of

- participants in the Framingham Heart Study. *Circulation*, 67(5), 968-977.
doi:10.1161/01.cir.67.5.968
- Huddleston, A. L., Rockwell, D., Kulund, D. N., & Harrison, R. B. (1980). Bone mass in lifetime tennis athletes. *JAMA*, 244(10), 1107-1109.
doi:10.1001/jama.1980.03310100025022
- Huesa-Jiménez, F., García-Díaz, J., & Vargas-Montes, J. (2005). Isokinetic dynamometer. *Rehabilitación*, 39(6), 288-296. doi:10.1016/S0048-7120(05)74362-0
- Hunt, S. M., McKenna, S. P., McEwen, J., Backett, E. M., Williams, J., & Papp, E. (1980). A quantitative approach to perceived health status: a validation study. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 34(4), 281-286. doi:10.1136/jech.34.4.281
- Hunter, G. R., Byrne, N. M., Sirikul, B., Fernández, J. R., Zuckerman, P. A., Darnell, B. E., & Gower, B. A. (2008). Resistance training conserves fat-free mass and resting energy expenditure following weight loss. *Obesity*, 16(5), 1045-1051.
doi:10.1038/oby.2008.38
- Hunter, G. R., McCarthy, J. P., & Bamman, M. M. (2004). Effects of resistance training on older adults. *Sports Medicine*, 34(5), 329-348.
- Hunter, G. R., Wetzstein, C. J., Fields, D. A., Brown, A., & Bamman, M. M. (2000). Resistance training increases total energy expenditure and free-living physical activity in older adults. *Journal of Applied Physiology*, 89(3), 977-984.
doi:10.1152/jappl.2000.89.3.977
- Hurley, B. F., Hanson, E. D., & Sheaff, A. K. (2011). Strength training as a countermeasure to aging muscle and chronic disease. *Sports Medicine*, 41(4), 289-306. doi:10.2165/11585920-000000000-00000

- Hyde, A. L., Maher, J. P., & Elavsky, S. (2013). Enhancing our understanding of physical activity and wellbeing with a lifespan perspective. *International Journal of Wellbeing*, 3(1), 98-115. doi:10.5502/ijw.v3i1.6
- Hynes, J. P., Hughes, N., Cunningham, P., Kavanagh, E. C., & Eustace, S. J. (2019). Whole-body MRI of bone marrow: A review. *International Society for Magnetic Resonance in Medicine*, 50(6), 1687-1701. doi:10.1002/jmri.26759
- Ibañez, J., Izquierdo, M., Argüelles, I., Forga, L., Larrión, J. L., García-Unciti, M., . . . Gorostiaga, E. M. (2005). Twice-weekly progressive resistance training decreases abdominal fat and improves insulin sensitivity in older men with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 28(3), 662-667. doi:10.2337/diacare.28.3.662
- Ibañez, R. (2003). Bone mineral density measurement techniques. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 26(3), 19-27.
- Ignasiak, Z., Falkenberg, J., Ignasiak, T., & Koziel, S. (2016). The influence of a 7-month-long intensive aquatic exercise program on changes in physical fitness, bone density and lung function parameters in postmenopausal women. *Collegium Antropologicum*, 40(4), 261-268.
- IMSERSO. (2012). *INFORME 2010. Las personas mayores en España*. Madrid: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad.
- IMSERSO. (2016). *INFORME 2016. Las personas mayores en España*. Madrid: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad.
- Inacio, J. V., Malige, A., Schroeder, J. T., Nwachuku, C. O., & Dailey, H. L. (2019). Mechanical characterization of bone quality in distal femur fractures using pre-operative computed tomography scans. *Clinical Biomechanics*, 67, 20-26. doi:10.1016/j.clinbiomech.2019.04.014

- INE. Instituto Nacional de Estadística. (2020). *Cifras de población y Censos demográficos*. Retrieved from <https://www.ine.es/index.htm>
- Irandoost, K., & Taheri, M. (2015). The effects of aquatic exercise on body composition and nonspecific low back pain in elderly males. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(2), 433-435. doi:10.1589/jpts.27.433
- Irandoost, K., Taheri, M., Mirmoezzi, M., H'mida, C., Chtourou, H., Trabelsi, K., . . . Knechtle, B. (2019). The effect of aquatic exercise on postural mobility of healthy older adults with endomorphic somatotype. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(22), 4387-4397. doi:10.3390/ijerph16224387
- Israetel, M. A., McBridem, J. M., Nuzzo, J. L., Skinner, J. W., & Dayne, A. M. (2010). Kinetic and kinematic differences between squats performed with and without elastic bands. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(1), 190-194. doi:10.1519/JSC.0b013e31819b7995
- Ivanović, J., & Dopsaj, M. (2013). Reliability of force-time curve characteristics during maximal isometric leg. *Measurement*, 46(7), 2146-2154. doi:10.1016/j.measurement.2013.03.008
- Ivanović, J., Dopsaj, M., & Nešić, G. (2011). Factor structure differences of indicators for evaluating isometric leg extensors explosive force in female volleyball athletes and different trained female population. *British Journal of Sports Medicine*, 45(6), 542. doi:10.1136/bjism.2011.084558.26
- Ivorra Cortés, J., Román-Ivorra, J. A., Alegre Sancho, J. J., Beltrán Catalán, E., Chalmeta Verdejo, I., Fernández-Llanio, C. N., & Muñoz Gil, S. (2010). Screening points for a peripheral densitometer of the calcaneum for the diagnosis of osteoporosis. *Revista de Osteoporosis y Metabolismo Mineral*, 23-28.

- Izquierdo, M., Häkkinen, K., Antón, A., Garrues, M., Ibañez, J., Ruesta, M., & Gorostiaga, E. M. (2001). Maximal strength and power, endurance performance, and serum hormones in middle-aged and elderly men. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(9), 1577-1587. doi:10.1097/00005768-200109000-00022
- Jaimes, M. F., Bautista, I. J., Chiroso, I. J., Arguelles, J., Monje, J. M., & Chiroso, L. J. (2012). Análisis cinético y cinemático del press de banca en dos situaciones de evaluación: press banca libre vs press banca máquina Smith. *Revista de Ciencias del Deporte*, 8(2), 105-120.
- Jakobsen, M. D., Sundstrup, E., Andersen, C. H., Aagaard, P., & Andersen, L. L. (2013). Muscle activity during leg strengthening exercise using free weights and elastic resistance: Effects of ballistic vs controlled contractions. *Human Movement Science*, 32(1), 65-78. doi:10.1016/j.humov.2012.07.002
- Jakobsen, M. D., Sundstrup, E., Andersen, C. H., Bandholm, T., Thorborg, K., Zebis, M. K., & Andersen, L. L. (2012). Muscle activity during knee-extension strengthening exercise performed with elastic tubing and isotonic resistance. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 7(6), 606-616.
- Jakobsen, M. D., Sundstrup, E., Andersen, C. H., Persson, R., Zebis, M. K., & Andersen, L. L. (2014). Effectiveness of hamstring knee rehabilitation exercise performed in training machine vs. elastic resistance: electromyography evaluation study. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 93(4), 320-327. doi:10.1097/PHM.0000000000000043
- Jandova, S., Musilek, M., Martin, A. J., Cochrane, D., & Rozkovec, J. (2017). Take-off efficiency: Transformation of mechanical work into kinetic energy during the Bosco test. *I8(3)*, 34-39. doi:10.1515/humo-2017-0023

- Janssen, I., & Mark, A. E. (2007). Elevated body mass index and mortality risk in the elderly. *Obesity Reviews*, 8(1), 41-59. doi:10.1111/j.1467-789X.2006.00248.x
- Jee, Y. S. (2015). Usefulness of measuring isokinetic torque and balance ability for exercise rehabilitation. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 11(2), 65-66. doi:10.12965/jer.150197
- Jenkinson, C., Coulter, A., & Wright, L. (1993). Short form 36 (SF36) health survey questionnaire: normative data for adults of working age. *British Medical Journal*, 306(6890), 1437-1440. doi:10.1136/bmj.306.6890.1437
- Jewiss, D., Ostman, C., & Smart, N. (2017). Open versus closed Kinetic chain exercises following an anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Medicine*, 1-10. doi:10.1155/2017/4721548
- Jiménez, M. G., Izal, M., & Montorio, I. (2016). An intervention program to enhance the wellbeing of the elderly: Pilot study based on positive psychology. *Suma Psicológica*, 23(1), 51-59.
- Jiménez, M. G., Martínez, P., Miró, E., & Sánchez, A. I. (2008). Bienestar psicológico y hábitos saludables: ¿están asociados a la práctica de ejercicio físico? *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 8(1), 185-202.
- Jones, C. J., Rikli, R. E., & Beam, W. C. (1999). A 30-s chair-stand test as a measure of lower body strength in community-residing older adults. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 70(2), 113-119. doi:10.1080/02701367.1999.10608028
- Jones, D. A., & Round, J. M. (1990). *Skeletal muscle in health and disease : a textbook of muscle physiology*. Manchester: Manchester University Press.
- Jordá, C. M. (1998). Isokinetic exercises. Evaluation and improvement. *Fisioterapia*, 20(2), 8-16.

- Jordan, M. J., Aagaard, P., & Herzog, W. (2015). Rapid hamstrings/quadriceps strength in ACL-reconstructed elite Alpine ski racers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 47(1), 109-119. doi:10.1249/MSS.0000000000000375
- Joy, J. M., Lower, R. P., Oliveira, E., & Wilson, J. M. (2016). Elastic bands as a component of periodized resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(8), 2100-2106. doi:10.1519/JSC.0b013e3182986bef
- Juan-Recio, C., Barbado, D., López-Valenciano, A., & Vera-García, F. J. (2014). Test de campo para valorar la resistencia de los músculos del tronco. *Apunts: Educación Física y Deportes*, 117, 59-68.
- Juesas, Á. (2014). *Efectos de un entrenamiento de fuerza con bandas y tubos elásticos sobre la composición corporal, el rendimiento motor y el bienestar en adultos mayores*. (Tesis de máster), Departamento de Educación Física y Deportiva. Universidad de Valencia.
- Júnior, F. A., Gomes, S. G., da Silva, F. F., Souza, P. M., Oliveira, E. C., Coelho, D. B., . . . Becker, L. K. (2020). The effects of aquatic and land exercise on resting blood pressure and post-exercise hypotension response in elderly hypertensives. *Cardiovascular Journal of Africa*, 31(3), 116-122. doi:10.5830/CVJA-2019-051
- Kahn, K., McKay, H., Kannus, P., Bailey, D., Wark, J., & Bennel, K. (2001). Physical activity and bone health. *Human Kinetics*, 36(1), 76-78. doi:10.1136/bjism.36.1.76-b
- Takebeke, T. H., Lechner, H. E., & Handschin, C. (2005). Reproducibility analysis of isokinetic strength measurements of shoulder and elbow muscles in subjects with spinal cord injury. *Isokinetics and Exercise Science*, 13(4), 279-284. doi:10.3233/IES-2005-0215

- Kalache, A., & Kickbusch, I. (1997). A global strategy for healthy ageing. *World Health*, 50(4), 4-5.
- Kalapotharakos, V. I., Michalopoulou, M., Godolias, G., Tokmakidis, S. P., Malliou, P. V., & Gourgoulis, V. (2004). The effects of high- and moderate-resistance training on muscle function in the elderly. *Journal of Aging and Physical Activity*, 12(2), 131-143. doi:10.1123/japa.12.2.131
- Kamel, H. K. (2003). Sarcopenia and aging. *Nutrition Reviews*, 61(5), 157-167. doi:10.1301/nr.2003.may.157-167
- Kanasi, E., Ayilavarapu, S., & Jones, J. (2016). The aging population: demographics and the biology of aging. *Periodontology 2000*, 72(1), 13-18. doi:10.1111/prd.12126
- Kanis, J. A. (1994). Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis: Synopsis of a WHO report. *Osteoporosis International*, 4(6), 368-381. doi:10.1007/bf01622200
- Kanitz, A. C., Delevatti, R. S., Reichert, T., Liedtke, G. V., Ferrari, R., Almada, B. P., . . . Kruegel, L. F. (2015). Effects of two deep water training programs on cardiorespiratory and muscular strength responses in older adults. *Experimental Gerontology*, 64, 55-61. doi:10.1016/j.exger.2015.02.013
- Kannus, P. (1994). Evaluación isocinética del rendimiento muscular: implicaciones para la prueba muscular y la rehabilitación. *International Journal of Sports Medicine*, 15(1), 11-18. doi:10.1055 / s-2007-1021104
- Kaplan, R. M., Bush, J. W., & Berry, C. C. (1976). Health status: types of validity and the Index of Well-Being. *Health Services Research Journal*, 478-507.
- Karakelides, H., & Nair, K. S. (2005). Sarcopenia of aging and its metabolic impact. *Current Topics in Developmental Biology*, 68(1), 123-148. doi:10.1016/S0070-2153(05)68005-2

- Kargarfard, M., Etemadifar, M., Baker, P., Mehrabi, M., & Hayatbakhsh, R. (2012). Effect of aquatic exercise training on fatigue and health-related quality of life in patients with multiple sclerosis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 93*(10), 1701-1708. doi:10.1016/j.apmr.2012.05.006
- Karlsen, T., Helgerud, J., Støylen, A., Lauritsen, N., & Hoff, J. (2009). Maximal strength training restores walking mechanical efficiency in heart patients. *International Journal of Sports Medicine, 30*(5), 337-342. doi:10.1055/s-0028-1105946
- Katsoulis, K., Stathokostas, L., & Amara, C. E. (2019). The effects of high- versus low-intensity power training on muscle power outcomes in healthy, older adults: a systematic review. *Journal of Aging and Physical Activity, 27*(3), 422-439. doi:10.1123/japa.2018-0054
- Katsura, Y., Yoshikawa, T., Ueda, S. Y., Usui, T., Sotobayashi, D., Nakao, H., . . . Fujimoto, S. (2010). Effects of aquatic exercise training using water-resistance equipment in elderly. *European Journal of Applied Physiology, 108*(5), 957-964. doi:10.1007/s00421-009-1306-0
- Kaul, S., Rothney, M. P., Peters, D. M., Wacker, W. K., Davis, C. E., Shapiro, M. D., & Ergun, D. L. (2012). Dual-energy X-ray absorptiometry for quantification of visceral fat. *Obesity, 20*(6), 1313-1318. doi:10.1038/oby.2011.393
- Kaur, J. (2014). A comprehensive review on metabolic syndrome. *Cardiology Research and Practice, 1*-21. doi:10.1155/2014/943162
- Kelley, G. A., Kelley, K. S., & Kohrt, W. M. (2012). Effects of ground and joint reaction force exercise on lumbar spine and femoral neck bone mineral density in postmenopausal women: a meta-analysis of randomized controlled trials. *BMC Musculoskeletal Disorders, 13*, 177-196. doi:10.1186/1471-2474-13-177

- Kelley, G. A., Kelley, K. S., & Tran, Z. V. (2001). Resistance training and bone mineral density in women: a meta-analysis of controlled trials. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, *80*(1), 65-77. doi:10.1097/00002060-200101000-00017
- Kelly, C. M., Burnett, A. F., & Newton, M. J. (2008). The effect of strength training on three-kilometer performance in recreational women endurance runners. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *22*(2), 396-403. doi:10.1519/JSC.0b013e318163534a
- Kemmler, W., Engelke, K., & von Stengel, S. (2016). Long-term exercise and bone mineral density changes in postmenopausal women-are there periods of reduced effectiveness? *Journal of Bone and Mineral Research*, *31*(1), 215-222. doi:10.1002/jbmr.2608
- Kennis, E., Verschueren, S. M., Bogaerts, A., Van Roie, E., Boonen, S., & Delecluse, C. (2013). Long-term impact of strength training on muscle strength characteristics in older adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *94*(11), 2054-2060. doi:10.1016/j.apmr.2013.06.018
- Kerr, D., Ackland, T., Maslen, B., Morton, A., & Prince, R. (2001). Resistance training over 2 years increases bone mass in calcium-replete postmenopausal women. *Journal of Bone and Mineral Research*, *16*(1), 175-181. doi:10.1359/jbmr.2001.16.1.175
- Kerr, D., Morton, A., Dick, I., & Prince, R. (1996). Exercise effects on bone mass in postmenopausal women are site-specific and load-dependent. *Journal of Bone and Mineral Research*, *11*(2), 218-225. doi:10.1002/jbmr.5650110211

- Kervio, G., Carre, F., & Ville, N. S. (2003). Reliability and intensity of the six-minute walk test in healthy elderly subjects. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(1), 169-174. doi:10.1097/00005768-200301000-00025
- Khan, A. A., Farhad, A., Raza Siddiqui, P. Q., & Ansari, B. (2019). Effects of osteoanabolic exercises on bone mineral density of osteoporotic females: A randomized controlled trial. *International Journal of Health Sciences*, 13(1), 9-13.
- Khan, S. S., Singer, B. D., & Vaughan, D. E. (2017). Molecular and physiological manifestations and measurement of aging in humans. *Aging Cell*, 16(4), 624-633. doi:10.1111/accel.12601
- Kim, M., Shinkai, S., Murayama, H., & Mori, S. (2015). Comparison of segmental multifrequency bioelectrical impedance analysis with dual-energy X-ray absorptiometry for the assessment of body composition in a community-dwelling older population. *Geriatrics & Gerontology International*, 15(8), 1013-1022. doi:10.1111/ggi.12384
- Kim, Y. H., & Jee, H. M. (2018). Assessment and Comparison of Isokinetic Strength of Hip, Knee and Ankle Joints in Young Adults. *Journal of International Academy of Physical Therapy Research*, 9(1), 1426-1434. doi:10.20540/JIAPTR.2018.9.1.1426
- Kim, Y., & Pritts, T. A. (2017). The Gastrointestinal Tract. *Geriatric Trauma and Critical Care*, 35-43. doi:10.1007/978-3-319-48687-1_5
- Kindel, C., & Challis, J. (2017). Joint moment-angle properties of the hip abductors and hip extensors. *Physiotherapy Theory and Practice*, 33(7), 568-575. doi:10.1080/09593985.2017.1323357

- Klein-Nulend, J., Bacabac, R. G., & Bakker, A. D. (2012). Mechanical loading and how it affects bone cells: the role of the osteocyte cytoskeleton in maintaining our skeleton. *European Cells and Materials*, 24, 279-291. doi:10.22203/eCM.v024a20
- Klein-Nulend, J., Bacabac, R. G., & Mullender, M. G. (2005). Mechanobiology of bone tissue. *Pathologie Biologie*, 53(10), 576-580. doi:10.1016/j.patbio.2004.12.005.
- Klein-Nulend, J., Bakker, A. D., Bacabac, R. G., Vatsa, A., & Weinbaum, S. (2013). Mechanosensation and transduction in osteocytes. *Bone*, 54(2), 182-190. doi:10.1016/j.bone.2012.10.013
- Kohrt, W. M., Bloomfield, S. A., Little, K. D., Nelson, M. E., & Yingling, V. R. (2004). Physical activity and bone health. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(11), 1985-1996. doi:10.1249/01.mss.0000142662.21767.58
- Kompf, J., & Arandjelović, O. (2016). Understanding and overcoming the sticking point in resistance exercise. *Sports Medicine*, 46(6), 751-762. doi:10.1007/s40279-015-0460-2
- Korpelainen, R., Keinänen-Kiukaanniemi, S., Keikkinen, J., Väänänen, K., & Korpelainen, J. (2006). Effect of impact exercise on bone mineral density in elderly women with low BMD: a population-based randomized controlled 30-month intervention. *Osteoporosis International*, 17(1), 109-118. doi:10.1007/s00198-005-1924-2
- Kostka, J., Kostka, T., & Borowiak, E. (2017). Physical activity in older adults in relation to place of residence and coexistent chronic diseases. *Journal of Physical Activity and Health*, 14(1), 20-28. doi:10.1123/jpah.2016-0097
- Kovalek, D. O., de Lima do Rosário, B., de Oliveira Franco, A. P., da Silva, J. C., & Karam, J. C. (2019). Evaluation of balance in elderly practicing physical activity

- and sedentary elderly by the electronic baropodometer. *XXVI Brazilian Congress on Biomedical Engineering*. 70/2, pp. 811-813. Springer, Singapore: IFMBE Proceedings. doi:10.1007/978-981-13-2517-5_124
- Krivickas, L. S., Suh, D., Wilkins, J., Hughes, V. A., Roubenoff, R., & Frontera, W. R. (2001). Age- and gender-related differences in maximum shortening velocity of skeletal muscle fibers. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 80(6), 447-455. doi:10.1097/00002060-200106000-00012
- Krum, S. A. (2011). Direct transcriptional targets of sex steroid hormones in bone. *Journal of Cellular Biochemistry*, 112(2), 401-408. doi:10.1002/jcb.22970
- Kwon, H. R., Han, K. A., Ku, Y. H., Ahn, H. J., Koo, B. K., Kim, H. C., & Min, K. W. (2010). The effects of resistance training on muscle and body fat mass and muscle strength in type 2 diabetic women. *Korean Diabetes Journal*, 34(2), 101-110. doi:10.4093/kdj.2010.34.2.101
- Lachman, S., Boekholdt, S. M., Luben, R. N., Sharp, S. J., Brage, S., Khaw, K., . . . Wareham, N. J. (2018). Impact of physical activity on the risk of cardiovascular disease in middle-aged and older adults: EPIC Norfolk prospective population study. *European Journal of Preventive Cardiology*, 25(2), 200-208. doi:10.1177/2047487317737628
- Lam, F. M., Lau, R. W., Chung, R. C., & Pang, M. Y. (2012). The effect of whole body vibration on balance, mobility and falls in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Maturitas*, 72(3), 206-213. doi:10.1016/j.maturitas.2012.04.009
- Langner, T. (1962). A twenty-two item screening score of psychiatric symptoms indicating impairment. *Journal of Health and Human Behavior*, 3(4), 269-276. doi:10.2307/2948599

- Lanyon, L. E. (1996). Using functional loading to influence bone mass and architecture: objectives, mechanisms, and relationship with estrogen of the mechanically adaptive process in bone. *Bone*, *18*(1), 37-43. doi:10.1016/8756-3282(95)00378-9
- Lanyon, L. E., & Rubin, C. T. (1984). Static vs dynamic loads as an influence on bone remodelling. *Journal of Biomechanics*, *17*(12), 897-905. doi:10.1016/0021-9290(84)90003-4
- Lanyon, L., Armstrong, V., Ong, D., Zaman, G., & Price, J. (2004). Is estrogen receptor alpha key to controlling bones' resistance to fracture? *Journal of Endocrinology*, *182*(2), 183-191. doi:10.1677/joe.0.1820183
- Laukkanen, P., Heikkinen, E., & Kauppinen, M. (1995). Muscle strength and mobility as predictors of survival in 75-84-year-old people. *Age and Ageing*, *24*(6), 468-473. doi:10.1093/ageing/24.6.468
- Layne, J. E., & Nelson, M. (1999). The effects of progressive resistance training on bone density: a review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *31*(1), 25-30. doi:10.1097/00005768-199901000-00006
- Lázaro-Lázaro, A. (2000). El Equilibrio humano: un fenómeno complejo. *Motorik*, *2*, 80-86.
- Lee, C. C., Glickman, S. G., Dengel, D. R., Brown, M. D., & Supiano, M. A. (2005). Abdominal adiposity assessed by dual energy X-ray absorptiometry provides a sex-independent predictor of insulin sensitivity in older adults. *The Journals of Gerontology: Series A*, *60*(7), 872-877. doi:10.1093/gerona/60.7.872
- Lee, S. Y., & Gallagher, D. (2008). Assessment methods in human body composition. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, *11*(5), 566-572. doi:10.1097/MCO.0b013e32830b5f23

- Leifke, E., Gorenai, V., Wichers, C., Von Zur Muhlen, A., Von Buren, E., & Brabant, G. (2000). Age-related changes of serum sex hormones, insulin-like growth factor-1 and sex-hormone binding globulin levels in men: cross-sectional data from a healthy male cohort. *Clinical Endocrinology*, *53*(6), 689-695. doi:10.1046/j.1365-2265.2000.01159.x
- Lemmey, A. B. (2011). Efficacy of progressive resistance training for patients with rheumatoid arthritis and recommendations regarding its prescription. *International Journal of Clinical Rheumatology*, *6*(2), 189-205. doi:10.2217/ijr.11.10
- Lemoine, S., Granier, P., Tiffoche, C., Rannou-Bekono, F., Thieulant, M. L., & Delamarche, P. (2003). Estrogen receptor alpha mRNA in human skeletal muscles. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *35*(3), 439-443. doi:10.1249/01.MSS.0000053654.14410.78
- Lentle, B. C., & Prior, J. C. (2003). Osteoporosis: What a clinician expects to learn from a patient's bone density examination. *Radiology*, *228*(3), 620-628. doi:10.1148/radiol.2283020093
- Lentle, B., Hammond, I., Worsley, D., Colquhoun, A., Grochowski, C., Leggett, J., & Gill, S. (2016). A qualitative examination of the ward region of interest as imaged on dual-energy X-ray absorptiometry examinations: The "wandering ward sign". *Journal of Clinical Densitometry*, *19*(4), 515-521. doi:10.1016/j.jocd.2016.03.006
- Lesinski, M., Hortobágyi, T., Muehlbauer, T., Gollhofer, A., & Granacher, U. (2015). Effects of balance training on balance performance in healthy older adults: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, *45*(12), 1721-1738. doi:10.1007/s40279-015-0375-y

- Lewiecki, E. M., Binkley, N., & Bilezikian, J. P. (2019). Treated osteoporosis is still osteoporosis. *Journal of Bone and Mineral Research*, *34*(4), 605-606. doi:10.1002/jbmr.3671
- Lewiecki, E. M., Gordon, C. M., Baim, S., Leonard, M. B., Bishop, N. J., Bianchi, M. L., ... Silverman, S. (2008). International society for clinical densitometry 2007 adult and pediatric official positions. *Bone*, *43*(6), 1115-1121. doi:10.1016/j.bone.2008.08.106
- Liao, C. -D., Tsauo, J. -Y., Huang, S. -W., Ku, J. -W., Hsiao, D. -J., & Liou, T. -H. (2018). Effects of elastic band exercise on lean mass and physical capacity in older women with sarcopenic obesity: A randomized controlled trial. *Scientific Reports*, *8*(1), 2317-2329. doi:10.1038/s41598-018-20677-7
- Lighthall-Haubert, L., Requejo, P. S., Mulroy, S. J., Newsam, C. J., Bontrager, E., Gronley, J. K., & Perry, J. (2009). Comparison of shoulder muscle electromyographic activity during standard manual wheelchair and push-rim activated power assisted wheelchair propulsion in persons with complete tetraplegia. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *90*(11), 1904-1915. doi:10.1016/j.apmr.2009.05.023
- Likert, R. (1932). A technique for measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, *22*(140), 5-55.
- Lim, H. K., Ha, H. I., Park, S. Y., & Lee, K. (2019). Comparison of the diagnostic performance of CT Hounsfield unit histogram analysis and dual-energy X-ray absorptiometry in predicting osteoporosis of the femur. *European Radiology*, *29*(4), 1831-1840. doi:10.1007/s00330-018-5728-0
- Lima, A. P., Benedetti, T. R., Oliveira, L. Z., Bavaresco, S. S., & Rech, C. R. (2019). Physical activity is associated with knowledge and attitudes to diabetes Type 2 in

- elderly. *Journal of Physical Education*, 30(1), (10 pages).
doi:10.4025/jphyseduc.v30i1.3017
- Lima, R. M., Bezerra, L. M., Rabelo, H. T., Silva, M. A., Silva, A. J., Bottaro, M., & de Oliveira, R. J. (2009). Fat-free mass, strength, and sarcopenia are related to bone mineral density in older women. *Journal of Clinical Densitometry*, 12(1), 35-41.
doi:10.1016/j.jocd.2008.10.003
- Limón, M. R., & Ortega, M. C. (2011). Envejecimiento activo y mejora de la calidad de vida en adultos mayores. *Revista de Psicología y Educación*, 1(6), 225-238.
- Lindemann, U., Farahmand, P., Klenk, J., Blatzonis, K., & Becker, C. (2015). Validity of linear encoder measurement of sit-to-stand performance power in older people. *Physiotherapy*, 101(3), 298-302. doi:10.1016/j.physio.2014.12.005
- Lindemann, U., Mohr, C., Machann, J., Blatzonis, K., Rapp, K., & Becker, C. (2016). Association between thigh muscle volume and leg muscle power in older women. *Plos One*, 11(6), 1-10. doi:10.1371/journal.pone.0157885
- Lisková, M., & Hert, J. (1971). Reaction of bone to mechanical stimuli. 2. Periosteal and endosteal reaction of tibial diaphysis in rabbit to intermittent loading. *Folia Morphologica*, 19(3), 301-317.
- Liu, C. J., & Latham, N. K. (2009). Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 8(3). doi:10.1002/14651858.CD002759
- Liu, J., Wang, J., Ruan, W., Lin, C., & Chen, D. (2020). Diagnostic and gradation model of osteoporosis based on improved deep u-net network. *Journal of Medical Systems*, 44(1), 15-21. doi:10.1007/s10916-019-1502-3

- Livshits, G., Kato, B. S., Wilson, S. G., & Spector, T. D. (2007). Linkage of genes to total lean body mass in normal women. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 92(8), 3171-3176. doi:10.1210/jc.2007-0418
- Lloréns, R. (2014). Intervenciones basadas en realidad virtual para el entrenamiento de las estrategias de equilibrio en sujetos crónicos con daño cerebral adquirido. (Tesis doctoral), Universitat Politècnica de València.
- Loew, L., Kenny, G. P., Durand-Bush, N., Poitras, S., Wells, G. A., & Brosseau, L. (2014). The implementation of an effective aerobic walking program based on Ottawa panel guidelines for older individuals with mild to moderate osteoarthritis: A participant exercise preference pilot randomized clinical trial protocol design. *Journal of Advances in Medicine and Medical Research*, 4(18), 3491-3511. doi:10.9734/BJMMR/2014/9407
- López-García, E., Banegas, J. R., Pérez-Regadera, A. G., Gutiérrez-Fisac, J. L., Alonso, J., & Rodríguez-Artalejo, F. (2003). Valores de referencia de la versión española del Cuestionario de Salud SF-36 en población adulta de más de 60 años. *Medicina Clínica*, 120(15), 568-573. doi:10.1016/S0025-7753(03)73775-0
- López-Messa, J. B. (2005). Aging and intensive medicine. *Medicina Intensiva*, 29(9), 469-474. doi:10.1016/S0210-5691(05)74288-1
- Lord, J. P., Aitken, S. G., McCrory, M. S., & Bernauer, E. M. (1992). Isometric and isokinetic measurement of hamstring and quadriceps strength. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 73(4), 324-330. doi:10.1016/0003-9993(92)90004-G
- Lorente Ramos, R. M., Azpeitia Armán, J., Arévalo Galeano, N., Muñoz Hernández, A., García Gómez, J. M., & Gredilla Molinero, J. (2012). Dual energy x-ray

- absorptiometry. Fundamentals, methodology and clinical applications. *Radiología*, 54(5), 410-423. doi:10.1016/j.rx.2011.09.023
- Lorenzo, A., López, E., Correoso, Á., Pomares, A., Rengifo, J. L., Fornés, P., . . . Jorge, P. (2018). Programas de ejercicio físico acuático para la prevención de caídas en los mayores. Revisión bibliográfica. *Revista de investigación en actividades acuáticas*, 2(4), 82-89. doi:10.21134/riaa.v2i4.1511
- Lourenzi, F. M., Jones, A., Pereira, D. F., dos Santos, J. H., Furtado, R. N., & Natour, J. (2017). Effectiveness of an overall progressive resistance strength program for improving the functional capacity of patients with rheumatoid arthritis: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 31(11), 1482-1491. doi:10.1177/0269215517698732
- Low, D. C., Walsh, G. S., & Arkesteijn, M. (2017). Effectiveness of exercise interventions to improve postural control in older adults: A systematic review and meta-analyses of centre of pressure measurements. *Sports Medicine*, 47(1), 101-112. doi:10.1007/s40279-016-0559-0
- Lu, T. W., Taylor, S. J., O'Connor, J. J., & Walker, P. S. (1997). Influence of muscle activity on the forces in the femur: an in vivo study. *Journal of Biomechanics*, 30(11-12), 1101-1106. doi:10.1016/s0021-9290(97)00090-0
- Lund, H., Weile, U., Christensen, R., Rostock, B., Downey, A., Bartels, E. M., . . . Bliddal, H. (2008). A randomized controlled trial of aquatic and land-based exercise in patients with knee osteoarthritis. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 40(2), 137-144. doi:10.2340/16501977-0134
- Lupsa, B. C., & Insogna, K. (2015). Bone health and osteoporosis. *Endocrinology and Metabolism Clinics of North America*, 44(3), 517-530. doi:10.1016/j.ecl.2015.05.002

- Lustgarten, M. S., & Fielding, R. A. (2011). Assessment of analytical methods used to measure changes in body composition in the elderly and recommendations for their use in phase II clinical trials. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, *15*(5), 368-375. doi:10.1007/s12603-011-0049-x
- Lyons, R. A., Perry, H. M., & Littlepage, B. N. (1994). Evidence for the validity of the Short-form 36 Questionnaire (SF-36) in an elderly population. *Age and Ageing*, *23*(3), 182-184. doi:10.1093/ageing/23.3.182
- Madsen, C., Mogensen, P., Thomas, N., Christensen, D. L., Bygbjerg, I. C., Mohan, V., . . . Grunnet, L. G. (2015). Effects of an outdoor bicycle-based intervention in healthy rural Indian men with normal and low birth weight. *Journal of Developmental Origins of Health and Disease*, *6*(1), 27-37. doi:10.1017/S2040174414000609
- Maeda, S. S., & Lazaretti-Castro, M. (2014). An overview on the treatment of postmenopausal osteoporosis. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, *58*(2), 162-171. doi:10.1590/0004-2730000003039
- Maggi, S., Lauretani, F., Ferrucci, L., Gallina, P., Bianchi, D., Marzari, C., . . . Crepaldi, G. (2004). The quality of bone: a "magic natural alloy". *Aging Clinical and Experimental Research*, *16*(3), 3-9.
- Mahir, L., Belhaj, K., Zahi, S., Lmidmani, F., & El Fatimi, A. (2016). Importance of isokinetic in knee osteoarthritis. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, *59*, 155-156. doi:10.1016/j.rehab.2016.07.345
- Manini, T. M., & Clark, B. C. (2012). Dynapenia and aging: an update. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, *67*, 28-40. doi:10.1093/gerona/qlr010

- Manson, J. E., Willett, W. C., Stampfer, M. J., Colditz, G. A., Hunter, D. J., Hankinson, S. E., . . . Speizer, F. E. (1995). Body weight and mortality among women. *The New England Journal of Medicine*, 333(11), 677-685. doi:10.1056/NEJM199509143331101
- Marcell, T. J. (2003). Sarcopenia: causes, consequences, and preventions. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 58(10), 11-16. doi:10.1093/gerona/58.10.m911
- Marqueta de Salas, M., Martín-Ramiro, J. J., & Juárez Soto, J. J. (2016). Sociodemographic characteristics as risk factors for obesity and overweight in Spanish adult population. *Medicina Clínica*, 146(11), 471-477. doi:10.1016/j.medcli.2016.03.017
- Martín, F., Martins-Pedrosa, A. F., Casaña, J., Teixeira, A. M., Carrasco, J. J., & Colado, J. C. (2016). OMNI-resistance exercise scale with elastic bands is a good tool for measuring intensity between training sessions in elderly. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30, S52-S53.
- Martín, J. C., González, I., Bellido, J., Simal, F., Arzúa, D., Mena, F. J., . . . Dueñas, A. (2002). Reported use of antihypertensive drugs in the general population. Horteiga Study. *Hipertensión y Riesgo Vascular*, 19(2), 60-64. doi:10.1016/S1889-1837(02)71228-2
- Martinez, F., Ghiorzi, V., Gomes, L. E., & Loss, J. (2011). Characterization of the buoyancy load of implements used in aquatic exercise and hydrotherapy. *Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte*, 10, 64-75.
- Martínez-Amat, A., Aibar-Almazán, A., Fábrega-Cuadros, R., Cruz-Díaz, D., Jiménez-García, J. D., Pérez-López, F. R., . . . Hita-Contreras, F. (2018). Exercise alone or combined with dietary supplements for sarcopenic obesity in community-

- dwelling older people: A systematic review of randomized controlled trials. *Maturitas*, 110, 92-103. doi:10.1016/j.maturitas.2018.02.005
- Martínez-Carbonell Guillamón, E., Burgess, L., Immins, T., Martínez-Almagro Andreo, A., & Wainwright, T. W. (2019). Does aquatic exercise improve commonly reported predisposing risk factors to falls within the elderly? A systematic review. *BMC Geriatrics*, 19(1), 52-68. doi:10.1186/s12877-019-1065-7
- Martins, W. R., de Oliveira, R. J., Carvalho, R. S., de Oliveira Damasceno, V., da Silva, V. Z., & Silva, M. S. (2013). Elastic resistance training to increase muscle strength in elderly: a systematic review with meta-analysis. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 57(1), 8-15. doi:10.1016/j.archger.2013.03.002
- Martyn-St James, M., & Carroll, S. (2006). High-intensity resistance training and postmenopausal bone loss: a meta-analysis. *Osteoporosis International*, 17(8), 1225-1240. doi:10.1007/s00198-006-0083-4
- Martyn-St, M., & Carroll, S. (2009). A meta-analysis of impact exercise on postmenopausal bone loss: the case for mixed loading exercise programmes. *British Journal of Sports Medicine*, 43(12), 898-908. doi:10.1136/bjism.2008.052704
- Masanés Torán, F., Navarro López, M., Sacanella Meseguer, E., & López Soto, A. (2010). What is sarcopenia? *Seminarios de la Fundación Española de Reumatología*, 11(1), 14-23. doi:10.1016/j.semreu.2009.10.003
- Masanovic, B., Milosevic, Z., & Bjelica, D. (2019). Comparative study of anthropometric measurement and body composition between soccer players from different competitive levels, elite and sub-elite. *Pedagogics, Psychology, Medical-Biological Problems of Physical Training and Sports*, 23(6), 282-287. doi:10.15561/18189172.2019.0602

- Masi, L. (2008). Epidemiology of osteoporosis. *Clinical Cases in Mineral and Bone Metabolism*, 5(1), 11-13.
- Masumoto, K., & Mercer, J. A. (2008). Biomechanics of human locomotion in water: an electromyographic analysis. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 36(3), 160-169. doi:10.1097/JES.0b013e31817bfe73
- Mattsson, S., & Thomas, B. J. (2006). Development of methods for body composition studies. *Physics in Medicine & Biology*, 51(13), R203. doi:10.1088/0031-9155/51/13/R13
- Maulder, P., & Cronin, J. (2005). Horizontal and vertical jump assessment: reliability, symmetry, discriminative and predictive ability. *Physical Therapy in Sport*, 6(2), 74-82. doi:10.1016/j.ptsp.2005.01.001
- Mayorga, V., & Merino, R. (2008). Estudio cualitativo de los errores más frecuentes en el ejercicio de remo. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 8(30), 184-198.
- Mazzeo, R. S., Cavanagh, P., Evans, W. J., Fiatarone, M., Hagberg, J., McAuley, E., & Startzell, J. (1998). Exercise and physical activity for older adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(6), 992-1008. doi:10.1097/00005768-199806000-00033
- McHorney, C. A., Ware, J. E., Lu, J. F., & Sherbourne, C. D. (1994). The MOS 36-item Short-Form Health Survey (SF-36): III. Tests of data quality, scaling assumptions, and reliability across diverse patient groups. *Medical Care*, 32(1), 40-66. doi:10.1097/00005650-199401000-00004
- McLean, R. R., Kiel, D. P., Berry, S. D., Broe, K. E., Zhang, X., Cupples, L. A., & Hannan, M. T. (2018). Lower lean mass measured by dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) is not associated with increased risk of hip fracture in

- women: The framingham osteoporosis study. *Calcified Tissue International*, 103(1), 16-23. doi:10.1007/s00223-017-0384-y
- McNeil, C. J., Doherty, T. J., Stashuk, D. W., & Rice, C. L. (2005). Motor unit number estimates in the tibialis anterior muscle of young, old, and very old men. *31*(4), 461-467. doi:10.1002/mus.20276
- McNeil, C., Vandervoort, A. A., & Rice, C. (2007). Peripheral impairments cause a progressive age-related loss of strength and velocity-dependent power in the dorsiflexors. *Journal of Applied Physiology*, 102(5), 1962-1968. doi:10.1152/jappphysiol.01166.2006
- Melchiorri, G., & Rainoldi, A. (2011). Muscle fatigue induced by two different resistances: Elastic tubing versus weight machines. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 21(6), 954-959. doi:10.1016/j.jelekin.2011.07.015
- Melzer, I., Elbar, O., Tsedek, I., & Oddsson, L. (2008). A water-based training program that include perturbation exercises to improve stepping responses in older adults: study protocol for a randomized controlled cross-over trial. *BMC Geriatrics*, 8(19), 191-213. doi:10.1186/1471-2318-8-19
- Menéndez, M. M., & Brochier, K. R. (2011). The physical and psychomotor activity in the elderly: Their contributions to active, healthy and successful aging. *Textos & Contextos (Porto Alegre)*, 10(1), 179-192.
- Meredith-Jones, K., Legge, M., & Jones, L. M. (2009). Circuit-based deep water running improves cardiovascular fitness, strength and abdominal obesity in older, overweight women. *Medicina Sportiva*, 13(1), 5-12. doi:10.2478/v10036-009-0002-9
- Meredith-Jones, K., Waters, D., Legge, M., & Jones, L. (2011). Upright water-based exercise to improve cardiovascular and metabolic health: a qualitative review.

- Complementary Therapies in Medicine*, 19(2), 93-103.
doi:10.1016/j.ctim.2011.02.002
- Merritt, C. R., Lizzi, F. L., & Mortimer, A. J. (1988). Bioeffects considerations for the safety of diagnostic ultrasound. American Institute of Ultrasound in Medicine. *Journal of Ultrasound in Medicine*, 7(Supl. 9), S1-38.
- Merriwether, E. N., Host, H. H., & Sinacore, D. R. (2012). Sarcopenic indices in community-dwelling older adults. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 35(3), 118-125. doi:10.1519/JPT.0b013e31823c4bef
- Mesquita, L. S., de Carvalho, F. T., de Andrade Freire, L. S., Neto, O. P., & Zangaro, R. A. (2015). Effects of two exercise protocols on postural balance of elderly women: a randomized controlled trial. *BMC Geriatrics*, 15(1), 61-69. doi:10.1186/s12877-015-0059-3
- Metter, E. J., Talbot, L. A., Schrager, M., & Conwit, R. (2002). Skeletal muscle strength as a predictor of all-cause mortality in healthy men. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 57(10), 359-365. doi:10.1093/gerona/57.10.b359
- Meylan, C. M., Nosaka, K., Green, J., & Cronin, J. B. (2010). Temporal and kinetic analysis of unilateral jumping in the vertical, horizontal, and lateral directions. *Journal of Sports Sciences*, 28(5), 545-554. doi:10.1080/02640411003628048
- Mikael, L. R., Paiva, A. M. G., Gomes, M. M., Sousa, A. L. L., Jardim, P. C. B. V., Vitorino, P. V. O., . . . Barroso, W. K. S. (2017). Vascular Aging and Arterial Stiffness. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 109(3), 253-258. doi:10.5935/abc.20170091
- Mitchell, W. K., Williams, J., Atherton, P., Larvin, M., Lund, J., & Narici, M. (2012). Sarcopenia, dynapenia, and the impact of advancing age on human skeletal

- muscle size and strength; a quantitative review. *Frontiers in Physiology*, 3, 260.
doi:10.3389/fphys.2012.00260
- Montero-Fernández, N., & Serra-Rexach, J. A. (2013). Role of exercise on sarcopenia in the elderly. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 49(1), 131-143.
- Moon, J. R., Stout, J. R., Smith-Ryan, A. E., Kendall, K. L., Fukuda, D. H., Cramer, J. T., & Moon, S. E. (2013). Tracking fat-free mass changes in elderly men and women using single-frequency bioimpedance and dual-energy X-ray absorptiometry: a four-compartment model comparison. *European Journal of Clinical Nutrition*, 67(1), S40-S46. doi:10.1038/ejcn.2012.163
- Mora, C. N., Bravo, A. T., Moran, A. N., & Álvarez, A. A. (2014). Calidad de vida en adultos mayores con coxartrosis tratados con microondas y ejercicios físicos. *Revista Cubana de Medicina Física y Rehabilitación*, 6(2), 159-172.
- Morales, F. J., & Giraldo, A. R. (2006). Rehabilitación en lesiones del ligamento cruzado posterior. *Revista Colombiana de ortopedia y traumatología*, 20(1), 31-35.
- Moreira, L., Fronza, F. C., dos Santos, R. N., Teixeira, L. R., Kruehl, L. F., & Lazaretti-Castro, M. (2013). High-intensity aquatic exercises (HydrOS) improve physical function and reduce falls among postmenopausal women. *Menopause*, 20(10), 1012-1019. doi:10.1097/GME.0b013e3182850138
- Moreno, M., Contreras, D., Martínez, N., Araya, P., Livacic-Rojas, P., & Vera-Villarro, P. (2006). Effects of a cognitive-behavioral intervention on blood pressure of hypertensive elderly subjects. *Revista Médica de Chile*, 134(4), 433-440.
doi:10.4067/S0034-98872006000400005

- Morseth, B., Emaus, N., & Jørgensen, L. (2011). Physical activity and bone: The importance of the various mechanical stimuli for bone mineral density. A review. *Norsk Epidemiologi*, 20(2), 173-178. doi:10.5324/nje.v20i2.1338
- Mou, M., Sultana, S., Mutsuddy, P., Sarmin, S., Khan, N., & Biswas, A. (2019). Assessment of agreement of wrist bone mineral density with spine and hip bone mineral density in postmenopausal women. *Bangladesh Journal of Nuclear Medicine*, 22(1), 41-46. doi:10.3329/bjnm.v22i1.40504
- Mueller, S., Knechtle, B., Knechtle, P., & Toigo, M. (2014). Physiological alterations after a marathon in the first 90-year-old male finisher: case study. *Springerplus*, 3(1), 608-617. doi:10.1186/2193-1801-3-608
- Munih, M., Kralj, A., & Bajd, T. (1992). Bending moments in lower extremity bones for two standing postures. *Journal of Biomedical Engineering*, 14(4), 293-302. doi:10.1016/0141-5425(92)90003-4
- Nacleiro, F., Rodríguez-Romo, G., Barriopedro-Moro, M. I., Jiménez, A., Alvar, B. A., & Triplett, N. T. (2011). Control of resistance training intensity by the OMNI perceived exertion scale. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(7), 1879-1888. doi:10.1519/JSC.0b013e3181e501e9
- Nascimento, M. A., Silva, D. R., Ribeiro, A. S., Pina, F. L., Gerage, A. M., Gobbo, L. A., . . . Cyrino, E. S. (2018). Agreement between bioelectrical impedance and dual-energy X-ray absorptiometry to track changes in fat-free mass after resistance training in older women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 00(00), 1-9. doi:10.1519/JSC.0000000000002581
- Naves Díaz, M., Díaz López, J. B., Gómez Alonso, C., Altadill Arregui, A., Rodríguez Rebollar, A., & Cannata Andía, J. B. (2000). Study of incidence of osteoporotic fractures in a cohort of individuals older than 50 years from Asturias, Spain, after

- a 6 year follow-up period. *Medicina Clínica*, 115(17), 650-653.
doi:10.1016/S0025-7753(00)71651-4
- Nelson, M. E., Fiatarone, M. A., Morganti, C. M., Trice, I., Greenberg, R. A., & Evans, W. J. (1994). Effects of high-intensity strength training on multiple risk factors for osteoporotic fractures. A randomized controlled trial. *JAMA*, 272(24), 1909-1914. doi:10.1001/jama.1994.03520240037038
- Nerenz, D. R., Repasky, D. P., Whitehouse, F. W., & Kahkonen, D. M. (1992). Ongoing assessment of health status in patients with diabetes mellitus. *Medical Care*, 30(5), 112-124. doi:10.1097/00005650-199205001-00010
- Netz, Y., Wu, M. J., Becker, B. J., & Tenenbaum, G. (2005). Physical activity and psychological well-being in advanced age: a meta-analysis of intervention studies. *Psychology and Aging*, 20(2), 272-284. doi:10.1037/0882-7974.20.2.272
- Netzer, M., Weinberger, K. M., Handler, M., Seger, M., Fang, X., Kugler, K. G., . . . Baumgartner, C. (2011). Profiling the human response to physical exercise: a computational strategy for the identification and kinetic analysis of metabolic biomarkers. *Journal of Clinical Bioinformatics*, 1(1), 34-40. doi:10.1186/2043-9113-1-34
- Neviani, F., Belvederi Murri, M., Mussi, C., Triolo, F., Toni, G., Simoncini, E., . . . Neri, M. (2017). Physical exercise for late life depression: effects on cognition and disability. *International Psychogeriatrics*, 29(7), 1105-1112. doi:10.1017/S1041610217000576
- Newman, A. B., Kupelian, V., Visser, M., Simonsick, E. M., Goodpaster, B. H., Kritchevsky, S. B., . . . Harris, T. B. (2006). Strength, but not muscle mass, is associated with mortality in the health, aging and body composition study cohort.

- The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 61(1), 72-77. doi:10.1093/gerona/61.1.72
- Nguyen, V. H. (2017). Osteoporosis prevention and osteoporosis exercise in community-based public health programs. *Osteoporosis and Sarcopenia*, 3(1), 18-31. doi:10.1016/j.afos.2016.11.004
- Nichols, J. F., Palmer, J. E., & Levy, S. S. (2003). Low bone mineral density in highly trained male master cyclists. *Osteoporosis Internacional*, 14(8), 644-649. doi:10.1007/s00198-003-1418-z
- Nick, N., Petramfar, P., Ghodsbin, F., Keshavarzi, S., & Jahanbin, I. (2016). The effect of yoga on balance and fear of falling in older adults. *PM&R*, 8(2), 145-151. doi:10.1016/j.pmrj.2015.06.442
- Nikander, R., Sievänen, H., Heinonen, A., & Kannus, P. (2005). Femoral neck structure in adult female athletes subjected to different loading modalities. *Journal of Bone and Mineral Research*, 20(3), 520-528. doi:10.1359/JBMR.041119
- Nisha, B. S., Dhanyamol, K. S., Shaji, D., & Seguin, R. A. (2019). Effects of strength training exercises on physical parameters and quality of life among older adults in selected geriatric homes in Kerala, India. *Indian Journal of Public Health Research & Development*, 10(1), 116-120. doi:10.5958/0976-5506.2019.00025.1
- Nogués Solán, X. (2009). Epidemiología de la osteoporosis. *Revista Clínica Española*, 209(1), 10-14. doi:10.1016/S0014-2565(09)73240-0
- Nuevo, R., & Montorio, I. (2005). Cognitive-behavioural treatment for excessive worry in older adults. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 5(2), 215-226.
- Oesen, S., Halper, B., Hofmann, M., Jandrasits, W., Franzke, B., Strasser, E., . . . Wessner, B. (2015). Effects of elastic band resistance training and nutritional

- supplementation on physical performance of institutionalised elderly — A randomized controlled trial. *Experimental Gerontology*, 72, 99-108. doi:10.1016/j.exger.2015.08.013
- Ogaya, S., Takahashi, H., Shioiri, M., Saito, A., & Okajima, Y. (2012). Changes in electromyographic activity after conditioning contraction. *Journal of Physical Therapy Science*, 14(10), 979-983. doi:10.1589/jpts.24.979
- Oliva, Á. D., Mendizábal, M. R., & Asencio, E. N. (2013). Análisis del bienestar psicológico, estado de salud percibido y calidad de vida en personas adultas mayores. *Pedagogía Social. Revista Interuniversitaria*, 22, 153-168. doi:10.7179/PSRI_2013.22.11
- Oliveira, F., Oliveira, A., Rizzato, G., & Denadai, B. (2013). Resistance training for explosive and maximal strength: Effects on early and late rate of force development. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12(3), 402-408.
- Olsson, L. A., Hurtig-Wennlöf, A., & Nilsson, T. K. (2014). Subjective well-being in Swedish active seniors and its relationship with physical activity and commonly available biomarkers. *Clinical Interventions in Aging*, 9, 1233-1239. doi:10.2147/CIA.S63198
- Orr, R. (2015). The effect of whole body vibration exposure on balance and functional mobility in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Maturitas*, 80(4), 342-358. doi:10.1016/j.maturitas.2014.12.020
- Orssatto, L. B., de la Rocha Freitas, C., Shield, A. J., Silveira Pinto, R., & Trajano, G. S. (2019). Effects of resistance training concentric velocity on older adults' functional capacity: A systematic review and meta-analysis of randomised trials. *Experimental Gerontology*, 127(11), 1-14. doi:10.1016/j.exger.2019.110731

- Osawa, Y., Azuma, K., Tabata, S., Katsukawa, F., Ishida, H., Oguma, Y., . . . Matsumoto, H. (2014). Effects of 16-week high-intensity interval training using upper and lower body ergometers on aerobic fitness and morphological changes in healthy men: a preliminary study. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 4(5), 257-265. doi:10.2147/OAJSM.S68932
- Osoba, M. Y., Rao, A. K., Agrawal, S. K., & Lalwani, A. K. (2019). Balance and gait in the elderly: A contemporary review. *Laryngoscope Investigative Otolaryngology*, 4(1), 143-153. doi:10.1002/lio2.252
- Otten, R., Whiteley, R., & Mitchell, T. (2013). Effect of subject restraint and resistance pad placement on isokinetic knee flexor and extensor strength: implications for testing and rehabilitation. *Sports Health*, 5(2), 137-142. doi:10.1177/1941738112467424
- Ozçakar, L., Kunduracyyoolu, B., Cetin, A., Ulkar, B., Guner, R., & Hascelik, Z. (2003). Comprehensive isokinetic knee measurements and quadriceps tendon evaluations in footballers for assessing functional performance. *British Journal of Sports Medicine*, 37(6), 507-510. doi:10.1136/bjism.37.6.507
- Padilla, C. J. (2014). Efectos de un entrenamiento de fuerza y de la utilización de creatina en la prevención de la sarcopenia en personas de edad avanzada. (Tesis doctoral), Departamento de Ciencias Biomédicas. Universidad de León.
- Padilla, C. J., Sánchez, P., & Cuevas, M. J. (2014). Benefits of strength training for the prevention and treatment of sarcopenia. *Nutricion Hospitalaria*, 29(5), 979-988. doi:10.3305/nh.2014.29.5.7313
- Page, P. (2014). Beyond statistical significance: clinical interpretation of rehabilitation research literature. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 9(5), 726-736.

- Page, P., & Ellennbecker, T. (2005). *Strength Band Training*. United States: Human Kinetics.
- Paggiosi, M. A., Debono, M., Walsh, J. S., Peel, N. F., & Eastell, R. (2020). Quantitative computed tomography discriminates between postmenopausal women with low spine bone mineral density with vertebral fractures and those with low spine bone mineral density only: the SHATTER study. *Osteoporosis International*, 1-9. doi:10.1007/s00198-020-05317-z
- Pantoja, P. D., Alberton, C. L., Pilla, C., Vendrusculo, A. P., & Krueel, L. F. (2009). Effect of resistive exercise on muscle damage in water and on land. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(3), 1051-1054. doi:10.1519/JSC.0b013e3181a00c45
- Paoli, A., Moro, T., & Bianco, A. (2015). Lift weights to fight overweight. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 35(1), 1-6. doi:10.1111/cpf.12136
- Park, S. W., Goodpaster, B. H., Lee, J. S., Kuller, L. H., Boudreau, R., de Rekeneire, N., . . . Newman, A. B. (2009). Excessive loss of skeletal muscle mass in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 32(11), 1993-1997. doi:10.2337/dc09-0264
- Patterson, R. M., Stegink Jansen, C. W., Hogan, H. A., & Nassif, M. D. (2001). Material properties of thera-band tubing. *Physical Therapy*, 81(8), 1437-1445. doi:10.1093/ptj/81.8.1437
- Paul, D. J., & Nassis, G. P. (2015). Testing strength and power in soccer players: the application of conventional and traditional methods of assessment. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(6), 1748-1758. doi:10.1519/JSC.0000000000000807

- Pedersen, B. K., & Saltin, B. (2015). Exercise as medicine - evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(Suppl 3), 1-72. doi:10.1111/sms.12581
- Pei, Y. F., Hu, W. Z., Hai, R., Wang, X. Y., Ran, S., Lin, Y., . . . Zhang, L. (2016). Genome-wide association meta-analyses identified 1q43 and 2q32.2 for hip Ward's triangle areal bone mineral density. *Bone*, 91, 1-10. doi:10.1016/j.bone.2016.07.004
- Pendergast, D. R., & Lundgren, C. E. (2009). The underwater environment: cardiopulmonary, thermal, and energetic demands. *Journal of Applied Physiology*, 106(1), 276-283. doi:10.1152/jappphysiol.90984.2008
- Pereira, J. C., Neri, S. G., Vainshelboim, B., Gadelha, A. B., Bottaro, M., Oliveira, R. J., & Lima, R. M. (2018). Normative Values of Knee Extensor Isokinetic Strength for Older Women and Implications on Physical Function. *Journal of Geriatric Physical Therapy*. doi:10.1519/JPT.000000000000198
- Pérennou, D., Decavel, P., Manckoundia, P., Penven, Y., Mourey, F., Launay, F., . . . Casillas, J. M. (2005). Evaluation of balance in neurologic and geriatric disorders. *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique*, 48(6), 317-335. doi:10.1016/j.annrmp.2005.04.009
- Perez, L., & Minayo, A. (2014). *Beneficios de los ejercicios kinesioterapéuticos con bandas elásticas basados en la técnica de Nottingham en pacientes adultos en el hospital Pablo Arturo Suárez de la ciudad de Quito en el periodo Octubre 2011-Junio 2012*. (Tesis de licenciatura), Universidad Tecnica del Norte. Ecuador.
- Pérez-Castrillón, J. L., Martín-Escudero, J. C., del Pino-Montes, J., Blanco, F. S., Martín, F. J., Paredes, M. G., . . . Arés, T. A. (2005). Prevalence of osteoporosis using DXA bone mineral density measurements at the calcaneus: Cut-off points of

- diagnosis and exclusion of osteoporosis. *Journal of Clinical Densitometry*, 8(4), 404-408. doi:10.1385/JCD:8:4:404
- Peterson, M. D., Rhea, M. R., Sen, A., & Gordon, P. M. (2010). Resistance exercise for muscular strength in older adults: a meta-analysis. *Ageing Research Reviews*, 9(3), 226-267. doi:10.1016/j.arr.2010.03.004
- Petrick, M., Paulsen, T., & George, J. (2001). Comparison between quadriceps muscle strengthening on land in water. *Physiotherapy*, 87(6), 310-317. doi:10.1016/S0031-9406(05)60765-1
- Pfeiffer, K. A., Pivarnik, J. M., Womack, C. J., Reeves, M. J., & Malina, R. M. (2002). Reliability and validity of the Borg and OMNI rating of perceived exertion scales in adolescent girls. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(12), 2057-2061. doi:10.1097/00005768-200212000-00029
- Picazo, M. L., Humbert, L., Winzenrieth, R., Di Gregorio, S., González Ballester, M. A., & del Río Barquero, L. M. (2020). Association between osteoporotic femoral neck fractures and DXA-derived 3D measurements at lumbar spine: a case-control study. *IS*(1), 8. doi:10.1007/s11657-019-0680-4
- Pietrobelli, A., Formica, C., Wang, Z., & Heymsfield, S. B. (1996). Dual-energy X-ray absorptiometry body composition model: review of physical concepts. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 271(6), 941-951. doi:10.1152/ajpendo.1996.271.6.E941
- Pietrobelli, A., Rubiano, F., St-Onge, M. P., & Heymsfield, S. B. (2004). New bioimpedance analysis system: improved phenotyping with whole-body analysis. *European Journal of Clinical Nutrition*, 58(11), 1479-1484. doi:10.1038/sj.ejcn.1601993

- Pinto, S. S., Cadore, E. L., Alberton, C. L., Zaffari, P., Bagatini, N. C., Baroni, B. M., . . . Krueger, L. F. (2014). Effects of intra-session exercise sequence during water-based concurrent training. *International Journal of Sports Medicine*, 35(1), 41-48. doi:10.1055/s-0033-1345129
- Pisciottano, M. V., Pinto, S. S., Szejnfeld, V. L., & Castro, C. H. (2014). The relationship between lean mass, muscle strength and physical ability in independent healthy elderly women from the community. *The Journal of Nutrition Health and Aging*, 18(5), 554-558. doi:10.1007/s12603-013-0414-z
- Plank, L. D. (2005). Dual-energy X-ray absorptiometry and body composition. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 8(3), 305-309. doi:10.1097/01.mco.0000165010.31826.3d
- Ploutz-Snyder, L. L., & Giamis, E. L. (2001). Orientation and familiarization to 1RM strength testing in old and young women. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(4), 519-523. doi:10.1519/00124278-200111000-00020
- Ploutz-Snyder, L. L., Manini, T., Plutz-Snyder, R. J., & Wolf, D. A. (2002). Functionally relevant thresholds of quadriceps femoris strength. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 57(4), 144-152. doi:10.1093/gerona/57.4.b144
- Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39(2), 142-148. doi:10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x
- Pont, P., Soler, A., Fortuno, J., Palacios-Gil, N., Romo-Pérez, V., Era, I., & Arsuaga, I. (2011). Guía de actividad física para el envejecimiento activo de las personas mayores. Madrid: Consejo Superior de Deportes.

- Poon, C. Y., & Fung, H. H. (2008). Physical activity and psychological well-being among Hong Kong Chinese older adults: exploring the moderating role of self-construal. *The International Journal of Aging and Human Development*, 66(1), 1-19. doi:10.2190/AG.66.1.a
- Porter Starr, K. N., McDonald, S. R., & Bales, C. W. (2014). Obesity and physical frailty in older adults: a scoping review of lifestyle intervention trials. *Journal of the American Medical Directors Association*, 15(4), 240-250. doi:10.1016/j.jamda.2013.11.008
- Potiaumpai, M., Gandia, K., Rautray, A., Prendergast, T., & Signorile, J. F. (2016). Optimal loads for power differ by exercise in older adults. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(10), 2703-2712. doi:10.1519/JSC.0000000000001549
- Power, G. A., Dalton, B. H., Behm, D. G., Vandervoort, A. A., Doherty, T. J., & Rice, C. L. (2010). Motor unit number estimates in masters runners: use it or lose it? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(9), 1644-1650. doi:10.1249/MSS.0b013e3181d6f9e9
- Pöyhönen, T., Keskinen, K. L., Kyröläinen, H., Hautala, A., Savolainen, J., & Mälkiä, E. (2001). Neuromuscular function during therapeutic knee exercise under water and on dry land. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82(10), 1446-1452. doi:10.1053/apmr.2001.25073
- Pöyhönen, T., Kyröläinen, H., Keskinen, K. L., Hautala, A., Savolainen, J., & Mälkiä, E. (2001). Electromyographic and kinematic analysis of therapeutic knee exercises under water. *Clinical Biomechanics*, 16(6), 496-504. doi:10.1016/S0268-0033(01)00031-6

- Pöyhönen, T., Sipilä, S., Keskinen, K. L., Hautala, A., Savolainen, J., & Mälkiä, E. (2002). Effects of aquatic resistance training on neuromuscular performance in healthy women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *34*(12), 2103-2109. doi:10.1097/00005768-200212000-00036
- Prado, A. K., Reichert, T., Conceição, M. O., Delevatti, R. S., Kanitz, A. C., & Kruel, L. F. (2016). Effects of aquatic exercise on muscle strength in young and elderly adults: a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. doi:10.1519/JSC.0000000000001595
- Pressman, S. D., & Cohen, S. (2005). Does positive affect influence health? *Psychological Bulletin*, *131*(6), 925-971. doi:10.1037/0033-2909.131.6.925
- Pruitt, L. A., Taaffe, D. R., & Marcus, R. (1995). Effects of a one-year high-intensity versus low-intensity resistance training program on bone mineral density in older women. *Journal of Bone and Mineral Research*, *10*(11), 1788-1795. doi:10.1002/jbmr.5650101123
- Raffaelli, C., Milanese, C., Lanza, M., & Zamparo, P. (2016). Water-based training enhances both physical capacities and body composition in healthy young adult women. *Sport Sciences for Health*, *12*(2), 195-207. doi:10.1007/s11332-016-0275-z
- Rajouria, A., Bhattarai, M., Bajracharya, M., & Karki, B. (2019). Comparative studies of bone density by quantitative ultrasound (QUS) with dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA) scan. *Journal of Chitwan Medical College*, *9*(1), 8-12. doi:10.3126/jcmc.v9i1.23776
- Ramírez, W., Vinaccia, S., & Ramón, G. (2004). El impacto de la actividad física y el deporte sobre la salud, la cognición, la socialización y el rendimiento académico:

- Una revisión teórica. *Revista de Estudios Sociales*, 18(18), 67-76.
doi:10.7440/res18.2004.06
- Ramirez-Campillo, R., Álvarez, C., García-Hermoso, A., Ramírez-Vélez, R., Gentil, P., Asadi, A., . . . Izquierdo, M. (2018). Methodological characteristics and future directions for plyometric jump training research: a scoping review. *Sports Medicine*, 48(5), 1059–1081. doi:10.1007/s40279-018-0870-z
- Ramírez-Villada, J. F., León-Ariza, H. H., Argüello-Gutiérrez, Y. P., & Porras-Ramírez, K. A. (2016). Effect of high impact movements on body composition, strength and bone mineral density on women over 60 years. *Revista Española de Geriátría y Gerontología*, 51(2), 68-74. doi:10.1016/j.regg.2015.09.001
- Rantanen, T., Harris, T., Leveille, S. G., Visser, M., Foley, D., Masaki, K., & Guralnik, J. M. (2000). Muscle strength and body mass index as long-term predictors of mortality in initially healthy men. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 55(3), 168-173. doi:10.1093/gerona/55.3.m168
- Raymond, M. J., Bramley-Tzerefos, R. E., Jeffs, K. J., Winter, A., & Holland, A. E. (2013). Systematic Review of High-Intensity Progressive Resistance Strength Training of the lower limb compared with other intensities of strength training in older adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 94(8), 1458-1472. doi:10.1016/j.apmr.2013.02.022
- Recker, R. R., & Barger-Lux, M. J. (2004). The elusive concept of bone quality. *Current Osteoporosis Reports*, 2(3), 97-100. doi:10.1007/s11914-004-0017-z
- Redler, L. H., Watling, J. P., Dennis, E. R., Swart, E., & Ahmad, C. S. (2016). Reliability of a field-based drop vertical jump screening test for ACL injury risk assessment. *The Physician and Sportsmedicine*, 44(1), 46-52. doi:10.1080/00913847.2016.1131107

- Rees, K., Stowe, R., Patel, S., Ives, N., Breen, K., Ben-Shlomo, Y., & Clarke, C. E. (2011). Anti-hypertensive drugs as disease-modifying agents for Parkinson's disease: evidence from observational studies and clinical trials. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 9(11). doi:10.1002/14651858.CD008535
- Regidor, E., Barrio, G., de la Fuente, L., Domingo, A., Rodriguez, C., & Alonso, J. (1999). Association between educational level and health related quality of life in Spanish adults. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 53(2), 75-82. doi:10.1136/jech.53.2.75
- Reher, D. (2008). Instrumentos financieros para la jubilación. *Fundación de Estudios Financieros*, 35-62.
- Reichert, T., Bagatini, N. C., Simmer, N. M., Meinerz, A. P., Barroso, B. M., Prado, A. K., . . . Krueel, L. F. (2019). Effects of different models of water-based resistance training on muscular function of older women. *Research Quarterly for Exercise & Sport*, 90(1), 46-53. doi:10.1080/02701367.2018.1563273
- Reichert, T., Delevatti, R. S., Prado, A. K., Bagatini, N. C., Simmer, N. M., Meinerz, A. P., . . . Krueel, L. F. (2018). Low- and high-volume water-based resistance training induces similar strength and functional capacity improvements in older women: a randomized study. *Journal of Physical Activity and Health*, 15(8), 592-599. doi:10.1123/jpah.2017-0286
- Reichert, T., Kanitz, A. C., Delevatti, R. S., Bagatini, N. C., Barroso, B. M., & Krueel, L. F. (2016). Continuous and interval training programs using deep water running improves functional fitness and blood pressure in the older adults. *AGE*, 38(1), 20. doi:10.1007/s11357-016-9882-5
- Rhea, M. R., Kenn, J. G., & Dermody, B. M. (2009). Alterations in speed of squat movement and the use of accommodated resistance among college athletes

- training for power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(9), 2645-2650. doi:10.1519/JSC.0b013e3181b3e1b6
- Rica, R. L., Carneiro, R. M., Serra, A. J., Rodriguez, D., Pontes Junior, F. L., & Bocalini, D. S. (2013). Effects of water-based exercise in obese older women: Impact of short-term follow-up study on anthropometric, functional fitness and quality of life parameters. *Geriatrics & Gerontology International*, 13(1), 209-214. doi:10.1111/j.1447-0594.2012.00889.x
- Riggs, B. L., Khosla, S., & Melton, L. J. (1998). A unitary model for involutional osteoporosis: estrogen deficiency causes both type I and type II osteoporosis in postmenopausal women and contributes to bone loss in aging men. *Journal of Bone and Mineral Research*, 13(5), 763-773. doi:10.1359/jbmr.1998.13.5.763
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (1997). Assessing physical performance in independent older adults: issues and guidelines. *Journal of Aging and Physical Activity*, 5(3), 244-261. doi:10.1123/japa.5.3.244
- Rikli, R., & Jones, C. J. (2001). *Senior Fitness Test Manual*. Champaign, Ill, USA: Human Kinetics.
- Rikli, R., & Jones, C. J. (2013). *Senior Fitness Test Manual (2nd ed.)*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Roberts, S. B., Fuss, P., Heyman, M. B., Evans, W. J., Tsay, R., Rasmussen, H., . . . Young, V. R. (1994). Control of food intake in older men. *JAMA*, 272(20), 1601-1606. doi:10.1001/jama.1994.03520200057036
- Robertson, R. J. (2004). *Perceived exertion for practitioners: rating effort with the OMNI Picture System*. Champaign: Il. Human Kinetic.
- Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., . . . Andreacci, J. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale

- for resistance exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(2), 333-341.
doi:10.1249/01.MSS.0000048831.15016.2A
- Rodríguez-Carrio, J., Martínez-Zapico, A., Cabezas-Rodríguez, I., Benavente, L., Pérez-Álvarez, Á. I., López, P., . . . Suárez, A. (2019). Clinical and subclinical cardiovascular disease in female SLE patients: Interplay between body mass index and bone mineral density. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 29(2), 135-143. doi:10.1016/j.numecd.2018.09.007
- Rodriguez-Garcia, E., Ruiz-Nava, J., Santamaria-Fernandez, S., Fernandez-Garcia, J. C., Vargas-Candela, A., Yahyaoui, R., . . . Gomez-Huelgas, R. (2017). Characterization of lipid profile by nuclear magnetic resonance spectroscopy (1H NMR) of metabolically healthy obese women after weight loss with Mediterranean diet and physical exercise. 96(27), e7040. doi:10.1097/MD.0000000000007040
- Rodríguez-García, P. L. (1997). Fuerza, su clasificación y pruebas de valoración. *Revista Española de Medicina de la Educación Física y Deporte*, 6, 24-36.
- Rogers, J. H. (1980). Romberg and his test. *The Journal of Laryngology and Otology*, 94, 1401-1404. doi:10.1017/S002221510009023X
- Roig, S. (2015). Influencia del entrenamiento del equilibrio con plataforma dinamométrica en artroplastia total de rodilla. (Tesis doctoral), Departamento de Fisioterapia. Universidad de Valencia.
- Rolland, Y., Lauwers-Cances, V., Cristini, C., Abellan van Kan, G., Janssen, I., Morley, J. E., & Vellas, B. (2009). Difficulties with physical function associated with obesity, sarcopenia, and sarcopenic-obesity in community-dwelling elderly women: the EPIDOS (EPIDemiologie de l'OSteoporose) Study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 89(6), 1895-1900. doi:10.3945/ajcn.2008.26950

- Romberg, M. H. (1853). A manual of the nervous diseases of man. *Sydenham Society*, 2, 395-401.
- Romero-Arenas, S., Blazevich, A. J., Martínez-Pascual, M., Pérez-Gómez, J., Luque, A. J., López-Román, F. J., & Alcaraz, P. E. (2013). Effects of high-resistance circuit training in an elderly population. *Experimental Gerontology*, 48(3), 334-340. doi:10.1016/j.exger.2013.01.007
- Romero-Arenas, S., Pérez-Gómez, J., & Alcaraz, P. E. (2011). Circuit training. A useful tool for preventing the effects of aging? *Culture, Science and Sport*, 6, 185-192. doi:10.12800/ccd.v6i18.45
- Romo-Perez, V., & Barcala-Furelos, R. (2012). Physical activity recommendations for the elderly : effect of resistance training on physical fitness. *Revista de psicología del deporte*, 21(2), 373-378.
- Rose, D., Jones, J., & Lucchese, N. (2002). Predicting the probability of falls in community- residing older adults using the 8-foot up-and-go: a new measure of functional mobility. *Journal of Aging and Physical Activity*, 10(4), 466-475. doi:10.1123/japa.10.4.466
- Rössner, S. (2001). Obesity in the elderly- a future matter of concern? *Obesity Reviews*, 2(3), 183-188. doi:10.1046/j.1467-789x.2001.00034.x
- Rotstein, A., Harush, M., & Vaisman, N. (2008). The effect of a water exercise program on bone density of postmenopausal women. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48(3), 352-359.
- Rubenstein, L. Z. (2006). Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention. *Age and Ageing*, 35(2), ii37-ii41. doi:10.1093/ageing/afl084
- Rubin, C. T., & Lanyon, L. E. (1984). Regulation of bone formation by applied dynamic loads. *Journal of Bone and Joint Surgery: American Volume*, 66(3), 397-402.

- Rubin, C. T., & Lanyon, L. E. (1985). Regulation of bone mass by mechanical strain magnitude. *Calcified Tissue International*, 37(4), 411-417. doi:10.1007/BF02553711
- Ruiz, J. R., Sui, X., Lobelo, F., Morrow, J. R., Jackson, A. W., Sjöström, M., & Blair, S. N. (2008). Association between muscular strength and mortality in men: prospective cohort study. *British Medical Journal*, 337, a439. doi:10.1136/bmj.a439
- Russ, D. W., Grandy, J. S., Toma, K., & Ward, C. W. (2011). Ageing, but not yet senescent, rats exhibit reduced muscle quality and sarcoplasmic reticulum function. *Acta Physiologica (Oxford, England)*, 201(3), 391-403. doi:10.1111/j.1748-1716.2010.02191.x
- Ryff, C. D. (1989). In the eye of the beholder: views of psychological well-being among middle-aged and older adults. *Psychology and Aging*, 4(2), 195-201. doi:10.1037//0882-7974.4.2.195
- Saenz, A., Avellanet, M., Hijos, E., Chaler, J., Garreta, R., Pujol, E., . . . Farreny, A. (2010). Knee isokinetic test-retest: a multicentre knee isokinetic test-retest study of a fatigue protocol. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 46(1), 81-88.
- Saeterbakken, A. H., van den Tillaar, R., & Fimland, M. S. (2011). A comparison of muscle activity and 1-RM strength of three chest-press exercises with different stability requirements. *Journal of Sports Sciences*, 29(5), 533-538. doi:10.1080/02640414.2010.543916
- Safar, M. E. (2010). Arterial aging--hemodynamic changes and therapeutic options. *Nature Reviews Cardiology*, 7(8), 442-449. doi:10.1038/nrcardio.2010.96

- Said, M. J., & Izita, R. A. (2012). Resultados comparativos de craneocorpografía y posturografía en pacientes con vértigo. *Anales de Otorrinolaringología Mexicana*, 57(2), 84-89.
- Salech, F. M., Jara, J. R., & Michea, A. L. (2012). Physiological changes associated with normal aging. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 23(1), 19-29. doi:10.1016/S0716-8640(12)70269-9
- Samitier, B. C. (2015). Capacidad Funcional, marcha y descripción del músculo en individuos ancianos. (Tesis doctoral), Universidad Autónoma de Barcelona.
- Sánchez-Cánovas, J. (1998). *Manual Escala de Bienestar Psicológico*. Madrid: TEA Ediciones, S.A.
- Sanders, M. E., Takeshima, N., Rogers, M. E., Colado, J. C., & Borreani, S. (2013). Impact of the SWEAT™ water-exercise method on activities of daily living for older women. *Journal of Sports Science & Medicine*, 12(4), 707-715.
- Santos, R. V., Viana, V. A., Boscolo, R. A., Marques, V. G., Santana, M. G., Lira, F. S., . . . de Mello, M. T. (2012). Moderate exercise training modulates cytokine profile and sleep in elderly people. *Cytokine*, 60(3), 731-735. doi:10.1016/j.cyto.2012.07.028
- Sanz, M. A. (2013). *Equipamiento especializado para la artrosis de rodilla: la mejora de la predisposición del adulto mayor hacia el tratamiento con máquinas de ejercicio*. (Tesis pregrado), Universidad de Chile.
- Sato, D., Seko, C., Hashitomi, T., Sengoku, Y., & Nomura, T. (2015). Differential effects of water-based exercise on the cognitive function in independent elderly adults. *Aging Clinical and Experimental Research*, 27(2), 149-159. doi:10.1007/s40520-014-0252-9

- Sato, K., Iemitsu, M., Matsutani, K., Kurihara, T., Hamaoka, T., & Fujita, S. (2014). Resistance training restores muscle sex steroid hormone steroidogenesis in older men. *The FASEB Journal*, 28(4), 1891-1897. doi:10.1096/fj.13-245480
- Saüch, G., Castañer, M., & Hílano, R. (2013). To measure the extent of balance in the elderly. *RETOS. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 23, 48-50.
- Scafoglieri, A., & Clarys, J. P. (2018). Dual energy X-ray absorptiometry: gold standard for muscle mass? *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 9(4), 786-787. doi:10.1002/jcsm.12308
- Schick, E. E., Coburn, J. W., Brown, L. E., Judelson, D. A., Khamoui, A. V., Tran, T. T., & Uribe, B. P. (2010). A comparison of muscle activation between a Smith machine and free weight bench press. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(3), 779-784. doi:10.1519/JSC.0b013e3181cc2237
- Schoenfeld, B. J., Peterson, M. D., Ogbom, D., Contreras, B., & Sonmez, G. T. (2015). Effects of low- vs. high-load resistance training on muscle strength and hypertrophy in well-trained men. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(10), 2954-2963. doi:10.1519/JSC.0000000000000958
- Schuch, F. B., Pinto, S. S., Bagatini, N. C., Zaffari, P., Alberton, C. L., Cadore, E. L., . . . Krüel, L. F. (2014). Water-based exercise and quality of life in women: the role of depressive symptoms. *Women & Health*, 54(2), 161-175. doi:10.1080/03630242.2013.870634
- Schwab, P., & Klein, R. F. (2008). Nonpharmacological approaches to improve bone health and reduce osteoporosis. *Current Opinion in Rheumatology*, 20(2), 213-217. doi:10.1097/BOR.0b013e3282f3cbd3.

- Seeman, E. (2002). Pathogenesis of bone fragility in women and men. *The Lancet*, 359(9320), 1841-1850. doi:10.1016/S0140-6736(02)08706-8
- Seeman, T. E., & Crimmins, E. (2001). Social environment effects on health and aging: Integrating epidemiologic and demographic approaches and perspectives. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 954(1), 88-117. doi:10.1111/j.1749-6632.2001.tb02749.x
- Senchina, D. S., & Kohut, M. L. (2007). Immunological outcomes of exercise in older adults. *Clinical Interventions in Aging*, 2(1), 3-16. doi:10.2147/ciia.2007.2.1.3
- Sepúlveda, C. M. (2013). *Efecto de un programa de entrenamiento con saltos y máquinas isocinéticas sobre la captación de glucosa en adultos deportistas aficionados de 55 a 65 años de edad*. (Tesis doctoral), Departamento de Educación Física y Deportiva. Universidad Autónoma de Manizales.
- Sesmero, A. M., Belloch, S. L., Sigüenza, Y. M., Montolio, E. B., & Tomás, D. D. (2005). Influencia de la natación sobre el bienestar psicológico en mujeres mayores de 55 años. *Apunts de Educación Física y Deportes*, 2, 71-74.
- Sevimli, D., Kozanoglu, E., Guzel, R., & Doganay, A. (2015). The effects of aquatic, isometric strength-stretching and aerobic exercise on physical and psychological parameters of female patients with fibromyalgia syndrome. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(6), 1781-1786. doi:10.1589/jpts.27.1781
- Shankar, N., Sathish Babu, S., & Viswanathan, C. (2019). Morphometric analysis of X-ray and CT images for evaluating osteoporosis. *Cluster Computing*, 22(6), 15111-15119. doi:10.1007/s10586-018-2502-7
- Shaw, K. A., Srikanth, V. K., Fryer, J. L., Blizzard, L., Dwyer, T., & Venn, A. J. (2007). Dual energy X-ray absorptiometry body composition and aging in a population-based older cohort. *31*(2), 279-284. doi:10.1038/sj.ijo.0803417

- Shephard, R. J. (1998). Science and medicine of rowing: A review. *Journal of Sports Sciences*, 16(7), 603-620. doi:10.1080/026404198366416
- Shepherd, J. A., Heysmsfield, S. B., Norris, S. A., Redman, L. M., Ward, L. C., & Slater, C. (2016). Measuring body composition in low-resource settings across the life course. *Obesity*, 24(5), 985-988. doi:10.1002/oby.21491
- Sherlock, L. A., Hornsby Jr., W. G., & Rye, J. (2013). Physiological effects of aquatic exercise on cognitive function in the aging population. *International Journal of Aquatic Research and Education*, 7(3), 266-278. doi:10.25035/ijare.07.03.09
- Sherrington, C., Tiedemann, A., Fairhall, N., Close, J. C., & Lord, S. R. (2011). Exercise to prevent falls in older adults: an updated meta-analysis and best practice recommendations. *New South Wales Public Health Bulletin*, 22(4), 78-83. doi:10.1071/NB10056
- Shuster, A., Patlas, M., Pinthus, J. H., & Mourtzakis, M. (2012). The clinical importance of visceral adiposity: a critical review of methods for visceral adipose tissue analysis. *The British Journal of Radiology*, 85(1009), 1-10. doi:10.1259/bjr/38447238
- Siegrist, M. (2008). Role of physical activity in the prevention of osteoporosis. *Medizinische Monatsschrift für Pharmazeuten*, 31(7), 259-264.
- Silva, B. C., Leslie, W. D., Resch, H., Lamy, O., Lesnyak, O., Binkley, N., . . . Bilezikian, J. P. (2014). Trabecular bone score: a noninvasive analytical method based upon the DXA image. *Journal of Bone and Mineral Research*, 29(3), 518-530. doi:10.1002/jbmr.2176
- Silva, M. R., Alberton, C. L., Portella, E. G., Nunes, G. N., Martin, D. G., & Pinto, S. S. (2018). Water-based aerobic and combined training in elderly women: Effects on

- functional capacity and quality of life. *Experimental Gerontology*, 106(1), 54-60.
doi:10.1016/j.exger.2018.02.018
- Simas, V., Hing, W., Pope, R., & Climstein, M. (2017). Effects of water-based exercise on bone health of middle-aged and older adults: a systematic review and meta-analysis. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 27(8), 39-60.
doi:10.2147/OAJSM.S129182
- Simmons, L. P. (1999). Bands and chains. *Powerlifting USA*, 22(6), 26-27.
- Simmons, V., & Hansen, P. D. (1996). Effectiveness of water exercise on postural mobility in the well elderly: an experimental study on balance enhancement. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 51(5), 233-238. doi:10.1093/gerona/51a.5.m233
- Singh, H., Kim, D., Bemben, M. G., & Bemben, D. A. (2017). Relationship between muscle performance and DXA-derived bone parameters in community-dwelling older adults. *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions*, 17(2), 50-58.
- Sipilä, S., & Suominen, H. (1995). Effects of strength and endurance training on thigh and leg muscle mass and composition in elderly women. *Journal of Applied Physiology*, 78(1), 334-340. doi:10.1152/jappl.1995.78.1.334
- Sipilä, S., Multanen, J., Kallinen, M., Era, P., & Suominen, H. (1996). Effects of strength and endurance training on isometric muscle strength and walking speed in elderly women. *Acta Physiologica Scandinavica*, 156(4), 457-464. doi:10.1046/j.1365-201X.1996.461177000.x
- Sipilä, S., Taaffe, D. R., Cheng, S., Puolakka, J., Toivanen, J., & Suominen, H. (2001). Effects of hormone replacement therapy and high-impact physical exercise on skeletal muscle in post-menopausal women: a randomized placebo-controlled study. *Clinical Science*, 101(2), 147-157. doi:10.1042/CS20000271

- Sisamón, M. (2012). *Prevención del déficit funcional en pacientes ancianos hospitalizados por enfermedad aguda: estudio preliminar de un programa de fuerza*. (Tesis doctoral), Departamento de Educación Física y Deportiva. Universidad de Valencia.
- Skelton, D. A., Kennedy, J., & Rutherford, O. M. (2002). Explosive power and asymmetry in leg muscle function in frequent fallers and non-fallers aged over 65. *Age and Ageing, 31*(2), 119-125. doi:10.1093/ageing/31.2.119
- Slemenda, C. W., Christian, J. C., Williams, C. J., Norton, J. A., & Johnston, C. C. (1991). Genetic determinants of bone mass in adult women: a reevaluation of the twin model and the potential importance of gene interaction on heritability estimates. *Journal of Bone and Mineral Research, 6*(6), 561-567. doi:10.1002/jbmr.5650060606
- Smith, L., Yang, L., & Hamer, M. (2019). Handgrip strength, inflammatory markers, and mortality. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports, 29*(526), 1-7. doi:10.1111/sms.13433
- Smith, R. M., & Loschner, C. (2002). Biomechanics feedback for rowing. *20*(10), 783-791. doi:10.1080/026404102320675639
- Solà, M., López, J. L., & Valero, O. (2014). The effect of 24 weeks of moderate-to-high intensity strength training on the elderly. *Revista Española de Geriatria y Gerontología, 49*(3), 115-120. doi:10.1016/j.regg.2013.12.002
- Soria-Gila, M. A., Chiroso, I. J., Bautista, I. J., Baena, S., & Chiroso, L. J. (2015). Effects of variable resistance training on maximal strength: A meta-analysis. *Journal of Strength & Conditioning Research, 29*(11), 3260-3270. doi:10.1519/JSC.0000000000000971

- Soriano-Maldonado, A., Romero, L., Femia, P., Roero, C., Ruiz, J. R., & Gutierrez, A. (2014). A learning protocol improves the validity of the Borg 6-20 RPE scale during indoor cycling. *International Journal of Sports Medicine*, 35(5), 379-384. doi:10.1055/s-0033-1353166
- Spreuwenberg, L. P., Kraemer, W. J., Spiering, B. A., Volek, J. S., Hatfield, D. L., Silvestre, R., . . . Fleck, S. J. (2006). Influence of exercise order in a resistance-training exercise session. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(1), 141-144. doi:10.1519/R-18185.1
- Steeves, D., Thornley, L. J., Goreham, J. A., Jordan, M. J., Landry, S. C., & Fowles, J. R. (2019). Reliability and validity of a novel trunk-strength assessment for high-performance sprint flat-water kayakers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(4), 486-492. doi:10.1123/ijsp.2018-0428
- Steffl, M., & Stastny, P. (2020). Isokinetic testing of muscle strength of older individuals with sarcopenia or frailty: A systematic review. *Isokinetics and Exercise Science*, 15(10), 1-11. doi:10.3233/IES-201148
- Steib, S., Schoene, D., & Pfeifer, K. (2010). Dose-response relationship of resistance training in older adults: a meta-analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(5), 902-914. doi:10.1249/MSS.0b013e3181c34465
- Steiner, B., Dimai, H. P., Steiner, H., Cirar, S., & Fahrleitner-Pammer, A. (2019). Prescreening for osteoporosis with quantitative ultrasound in postmenopausal white women. *Journal of Ultrasound in Medicine*, 38(6), 1553-1559. doi:10.1002/jum.14844
- Stewart, D. A., Burns, J., Dunn, S. G., & Roberts, M. A. (1990). The two-minute walking test: a sensitive index of mobility in the rehabilitation of elderly patients. *Clinical Rehabilitation*, 4(4), 273-276. doi:10.1177/026921559000400404

- Stillman, C. M., Donofry, S. D., & Erickson, K. I. (2019). Exercise, fitness and the aging brain: a review of functional connectivity in aging. *Archives of Psychology*, 3(4), (in press). doi:10.31296/aop.v3i4.98
- Stone, M. H., Chandler, T. J., Conley, M. S., Kramer, J. B., & Stone, M. E. (1996). Training to muscular failure: is it necessary? *Strength and Conditioning*, 18(3), 44-48.
- Stone, M., Plisk, S., & Collins, D. (2002). Strength and conditioning. *Sports Biomechanics*, 1(1), 79-103. doi:10.1080/14763140208522788
- Straight, C. R., Dorfman, L. R., Cottell, K. E., Krol, J. M., Lofgren, I. E., & Delmonico, M. J. (2012). Effects of resistance training and dietary changes on physical function and body composition in overweight and obese older adults. *Journal of Physical Activity and Health*, 9(6), 875-883. doi:10.1123/jpah.9.6.875
- Straight, C. R., Lindheimer, J. B., Brady, A. O., Dishman, R. K., & Evans, E. M. (2016). Effects of resistance training on lower-extremity muscle power in middle-aged and older adults: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Sports Medicine*, 46(3), 353-364. doi:10.1007/s40279-015-0418-4
- Stubbe, J. H., Moor, M. H., Boomsma, D. I., & Geus, E. J. (2007). The association between exercise participation and well-being: a co-twin study. *Preventive Medicine*, 44(2), 148-152. doi:10.1016/j.ypmed.2006.09.002
- Sugimoto, D., Mattacola, C. G., Mullineaux, D. R., Palmer, T. G., & Hewett, T. E. (2014). Comparison of isokinetic hip abduction and adduction peak torques and ratio between sexes. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 24(5), 422-428. doi:10.1097/JSM.0000000000000059
- Sundstrup, E., Jakobsen, M. D., Andersen, C. H., Jay, K., & Andersen, L. L. (2012). Swiss ball abdominal crunch with added elastic resistance is an effective alternative to

- training machines. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 7(4), 372-380.
- Suominen, H. (1993). Bone mineral density and long term exercise. An overview of cross-sectional athlete studies. *Sports Medicine*, 16(5), 316-330. doi:10.2165/00007256-199316050-00003
- Suominen, H. (2006). Muscle training for bone strength. *Aging Clinical and Experimental Research*, 18(2), 85-93. doi:10.1007/bf03327422
- Svendsen, O. L., Haarbo, J., Heitmann, B. L., Gotfredsen, A., & Christiansen, C. (1991). Measurement of body fat in elderly subjects by dual-energy x-ray absorptiometry, bioelectrical impedance, and anthropometry. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 53(5), 1117-1123. doi:10.1093/ajcn/53.5.1117
- Taaffe, D. R., Pruitt, L., Pyka, G., Guido, D., & Marcus, R. (1996). Comparative effects of high- and low-intensity resistance training on thigh muscle strength, fiber area, and tissue composition in elderly women. *Clinical Physiology*, 16(4), 381-392. doi:10.1111/j.1475-097X.1996.tb00727.x
- Taaffe, D. R., Suominen, H., Ollikainen, S., & Cheng, S. (2001). Calcaneal bone mineral and ultrasound attenuation in male athletes exposed to weight-bearing and nonweight-bearing activity. A cross-sectional report. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41(2), 243-249.
- Takehima, N., Rogers, M. E., Watanabe, E., Brechue, W. F., Okada, A., Yamada, T., . . . Hayano, J. (2002). Water-based exercise improves health-related aspects of fitness in older women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(3), 544-551. doi:10.1097/00005768-200203000-00024

- Talpey, S., Young, W., & Saunders, N. (2014). The acute effects of conventional, complex, and contrast protocols on lower-body power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(2), 361-366. doi:10.1519/JSC.0b013e318299a68b
- Tanaka, H., Dinunno, F. A., Monahan, K. D., Clevenger, C. M., DeSouza, C. A., & Seals, D. R. (2000). Aging, habitual exercise, and dynamic arterial compliance. *Circulation*, 102(11), 1270-1275. doi:10.1161/01.cir.102.11.1270
- Tanaka, Y. (1993). Gait analysis of patients with osteoarthritis of the hip and those with total hip arthroplasty. *Nihon Seikeigeka Gakkai Zasshi*, 67(11), 1001-1013.
- Tankó, L. B., Movsesyan, L., Mouritzen, U., & Svendsen, O. L. (2002). Appendicular lean tissue mass and the prevalence of sarcopenia among healthy women. *Metabolism*, 51(1), 69-74. doi:10.1053/meta.2002.28960
- Tauton, J. E., Rhodes, E. C., Wolski, L. A., Donnelly, M., Warren, J., Elliot, J., . . . Lauridsen, B. (1996). Effect of land-based and water-based fitness programs on the cardiovascular fitness, strength and flexibility of women aged 65-75 years. *Gerontology*, 42(4), 204-210. doi:10.1159/000213794
- Taylor, N. A., Sanders, R. H., Howick, E. I., & Stanley, S. N. (1991). Static and dynamic assessment of the Biodex dynamometer. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 62(3), 180-188. doi:10.1007/BF00643739
- Teigen, L. M., Kuchnia, A. J., Mourtzakis, M., & Earthman, C. P. (2017). The use of technology for estimating body composition: Strengths and weaknesses of common modalities in a clinical setting. *Nutrition in Clinical Practice*, 32(1), 20-29. doi:10.1177/0884533616676264
- Terekhov, Y. (1976). Stabilometry as a diagnostic tool in clinical medicine. *Canadian Medical Association Journal*, 115(7), 631-633.

- Thibault, R., Genton, L., & Pichard, C. (2012). Body composition: why, when and for who? *Clinical Nutrition*, *31*(4), 435-447. doi:10.1016/j.clnu.2011.12.011
- Thiebaud, R. S., Loenneke, J. P., Fahs, C. A., Rossow, L. M., Kim, D., Abe, T., . . . Bemben, M. G. (2013). The effects of elastic band resistance training combined with blood flow restriction on strength, total bone-free lean body mass and muscle thickness in postmenopausal women. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, *33*(5), 344-352. doi:10.1111/cpf.12033
- Thomas, E., Battaglia, G., Patti, A., Brusa, J., Leonardi, V., Palma, A., & Bellafiore, M. (2019). Physical activity programs for balance and fall prevention in elderly. *Medicine*, *98*(7), (9 pages). doi:10.1097/MD.00000000000016218
- Thomas, M., Müller, T., & Busse, M. W. (2005). Quantification of tension in thera-band and cando tubing at different strains and starting lengths. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *45*(2), 188-198. doi:10.2519/jospt.2002.32.11.576
- Tiedemann, A., Sherrington, C., Close, J. C., & Lord, S. R. (2011). Exercise and Sports Science Australia position statement on exercise and falls prevention in older people. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *14*(6), 489-495. doi:10.1016/j.jsams.2011.04.001
- Tinetti, M. E. (1986). Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients. *Journal of the American Geriatrics Society*, *34*(2), 119-126. doi:10.1111/j.1532-5415.1986.tb05480.x
- Tis, L. L., & Perrin, D. H. (1994). Relationship between isokinetic average force, average torque, peak force, and peak torque of the knee extensor and flexor musculature. *Isokinetics and Exercise Science*, *4*(4), 150-152. doi:10.3233/IES-1994-4405

- Tobón, B. (2016). Intervención para la prevención de caídas y sus consecuencias en personas mayores de 65 años: programa de ejercicio físico en grupo que incide en el equilibrio, fuerza de piernas y esquema de la marcha. (Tesis doctoral), Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña. Universidad de Barcelona.
- Tolomio, S., Ermolao, A., Lalli, A., & Zaccaria, M. (2010). The effect of a multicomponent dual-modality exercise program targeting osteoporosis on bone health status and physical function capacity of postmenopausal women. *Journal of Women & Aging*, 22(4), 241-254. doi:10.1080/08952841.2010.518866
- Tomprowski, P. D. (2003). Effects of acute bouts of exercise on cognition. *Acta Psychologica*, 112(3), 297-324. doi:10.1016/S0001-6918(02)00134-8
- Tong, X., Chen, X., Zhang, S., Huang, M., Shen, X., Xu, J., & Zou, J. (2019). The effect of exercise on the prevention of osteoporosis and bone angiogenesis. *BioMed Research International*, 1(1), 1-8. doi:10.1155/2019/8171897
- Toomey, C., Cremona, M., Hughes, K., Norton, C., & Jakeman, P. (2015). A review of body composition measurement in the assessment of health. *Topics in Clinical Nutrition*, 30(1), 16-32. doi:10.1097/TIN.0000000000000017
- Tournadre, A., Vial, G., Capel, F., Soubrier, M., & Boirie, Y. (2019). Sarcopenia. *Joint Bone Spine*, 86(3), 309-314. doi:10.1016/j.jbspin.2018.08.001
- Tournis, S., Trovas, G., Triantafyllopoulos, I. K., & Balanika, A. P. (2019). Letter to the editor: "Evaluation of bone mineral density using DXA and cQCT in postmenopausal patients under thyrotropin suppressive therapy". *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 104(4), 1345-1346. doi:10.1210/jc.2018-01638

- Trouwborst, I., Verreijen, A., Memelink, R., Massanet, P., Boirie, Y., Weijs, P., & Tieland, M. (2018). Exercise and Nutrition Strategies to Counteract Sarcopenic Obesity. *Nutrients*, *10*(5), 605-626. doi:10.3390/nu10050605
- Tschopp, M., Sattelmayer, M. K., & Hilfiker, R. (2011). Is power training or conventional resistance training better for function in elderly persons? A meta-analysis. *Age and Ageing*, *40*(5), 549-556. doi:10.1093/ageing/afr005
- Tsourlou, T., Benik, A., Dipla, K., Zafeiridis, A., & Kellis, S. (2006). The effects of a twenty-four-week aquatic training program on muscular strength performance in healthy elderly women. *20*(4), 811-818. doi:10.1519/r-18455.1
- Turner, C. H. (1998). Three rules for bone adaptation to mechanical stimuli. *Bone*, *23*(5), 399-407. doi:10.1016/S8756-3282(98)00118-5
- Turner, C. H., & Robling, A. G. (2005). Mechanisms by which exercise improves bone strength. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, *23*, 16-22. doi:10.1007/bf03026318
- Turner, C. H., Owan, I., & Takano, Y. (1995). Mechanotransduction in bone: role of strain rate. *The American Journal of Physiology*, *269*(3 Pt 1), 438-442. doi:10.1152/ajpendo.1995.269.3.E438
- Turner, R. T. (1999). Mechanical signaling in the development of postmenopausal osteoporosis. *Lupus*, *8*(5), 388-392. doi:10.1177/096120339900800512
- Tyson, S. F., & DeSouza, L. H. (2004). Development of the Brunel Balance Assessment: a new measure of balance disability post stroke. *Clinical Rehabilitation*, *18*(7), 801-810. doi:10.1191/0269215504cr744oa
- Umemura, Y., Ishiko, T., Yamauchi, T., Kurono, M., & Mashiko, S. (1997). Five jumps per day increase bone mass and breaking force in rats. *Journal of Bone and Mineral Research*, *12*(9), 1480-1485. doi:10.1359/jbmr.1997.12.9.1480

- Unhjem, R., van den Hoven, L. T., Nygård, M., Hoff, J., & Wang, E. (2019). Functional performance with age the role of long-term strength training. *Journal of Geriatric Physical Therapy, 42*(3), 115-122. doi:10.1519/JPT.0000000000000141
- Urrialde, J. A. (1998). Los isocinéticos y sus conceptos principales. *Fisioterapia, Rev Fisioter, 20*(2), 2-7.
- Uusi-Rasi, K., Kannus, P., Cheng, S., Sievänen, H., Pasanen, M., Heinonen, A., . . . Vuori, I. (2003). Effect of alendronate and exercise on bone and physical performance of postmenopausal women: a randomized controlled trial. *Bone, 33*(1), 132-143. doi:10.1016/s8756-3282(03)00082-6
- Vainionpää, A., Korpelainen, R., Leppäluoto, J., & Jämsä, T. (2005). Effects of high-impact exercise on bone mineral density: a randomized controlled trial in premenopausal women. *Osteoporosis Internacional, 16*(2), 191-197. doi:10.1007/s00198-004-1659-5
- Vainionpää, A., Korpelainen, R., Sievänen, H., Vihriälä, E., Leppäluoto, J., & Jämsä, T. (2007). Effect of impact exercise and its intensity on bone geometry at weight-bearing tibia and femur. *Bone, 40*(3), 604-611. doi:10.1016/j.bone.2006.10.005
- Valderrama, G. E., Rodríguez, A. F., Palacios, D. A., Gabarre, O. P., & Pérez del Molino, M. J. (1998). Consumo de medicamentos en los ancianos: resultados de un estudio poblacional. *Revista Española de Salud Pública, 72*(3), 209-219.
- Van Craenenbroeck, E. M., & Conraads, V. M. (2010). Endothelial progenitor cells in vascular health: Focus on lifestyle. *Microvascular Research, 79*(3), 184-192. doi:10.1016/j.mvr.2009.12.009
- Van Driessche, S., Van Roie, E., Vanwanseele, B., & Delecluse, C. (2018). Test-retest reliability of knee extensor rate of velocity and power development in older adults

- using the isotonic mode on a Biodex System 3 dynamometer. *PloS One*, 13(5), 1-12. doi:10.1371/journal.pone.0196838
- Vaquero-Cristóbal, R., González-Moro, I., Ros, E., & Alacid, F. (2012). Evolución de la fuerza, flexibilidad, resistencia y agilidad de mujeres mayores activas en relación con la edad. *European Journal of Human Movement*, 29(1), 29-47.
- Vijayababu, A. (2019). Bone mineral density assessment – Skin fold thickness SCORE, ORAI questionnaire with QUS – A correlative study in screening for osteoporosis in postmenopausal women. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, 234, e15. doi:10.1016/j.ejogrb.2018.08.182
- Vilagut, G., Ferrer, M., Rajmil, L., Rebollo, P., Permanyer-Miralda, G., Quintana, J. M., . . . Alonso, J. (2005). El cuestionario de salud SF-36 español: una década de experiencia y nuevos desarrollos. *Gaceta Sanitaria*, 19(2), 135-150. doi:10.1157/13074369
- Vilagut, G., Valderas, J. M., Ferrer, M., Garin, O., López-García, E., & Alonso, J. (2008). Interpretación de los cuestionarios de salud SF-36 y SF-12 en España: componentes físico y mental. *Medicina Clínica*, 130(19), 726-735. doi:10.1157/13121076
- Villani, A. M., Miller, M., Cameron, I. D., Kurrle, S., Whitehead, C., & Crotty, M. (2013). Body composition in older community-dwelling adults with hip fracture: portable field methods validated by dual-energy X-ray absorptiometry. *British Journal of Nutrition*, 109(7), 1219-1229. doi:10.1017/S0007114512003170
- Vincent, K. R., & Braith, R. W. (2002). Resistance exercise and bone turnover in elderly men and women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(1), 17-23. doi:10.1097/00005768-200201000-00004

- Visser, M., Fuerst, T., Lang, T., Salamone, L., & Harris, T. B. (1999). Validity of fan-beam dual-energy X-ray absorptiometry for measuring fat-free mass and leg muscle mass. *Journal of Applied Physiology*, 87(4), 1513-1520. doi:10.1152/jappl.1999.87.4.1513
- Vogel, T., Brechat, P., Leprêtre, P., Kaltenbach, G., Berthel, M., & Lonsdorfer, J. (2009). Health benefits of physical activity in older patients: a review. *International Journal of Clinical Practice*, 63(2), 303-320. doi:10.1111/j.1742-1241.2008.01957.x
- Volaklis, K. A., Spassis, A. T., & Tokmakidis, S. P. (2007). Land versus water exercise in patients with coronary artery disease: effects on body composition, blood lipids, and physical fitness. *American Heart Journal*, 154(3), 560.e1-560.e6. doi:10.1016/j.ahj.2007.06.029
- von Stengel, S., Kemmler, W., Kalender, W. A., Engelke, K., & Lauber, D. (2007). Differential effects of strength versus power training on bone mineral density in postmenopausal women: a 2-year longitudinal study. *British Journal of Sports Medicine*, 41(10), 649-655. doi:10.1136/bjism.2006.033480
- Vuksanović, V., Staff, R. T., Ahearn, T., Murray, A. D., & Wischik, C. M. (2019). Cortical thickness and surface area networks in healthy aging, alzheimer's disease and behavioral variant fronto-temporal dementia. *International Journal of Neural Systems*, 29(6), 1850055. doi:10.1142/S0129065718500557
- Wagner, H., Melhus, H., Pedersen, N. L., & Michaëlsson, K. (2013). Genetic influence on bone phenotypes and body composition: a Swedish twin study. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 31(6), 681-689. doi:10.1007/s00774-013-0455-8

- Walters, S. J., Munro, J. F., & Brazier, J. E. (2001). Using the SF-36 with older adults: a cross-sectional community-based survey. *Age and Ageing*, 30(4), 337-343. doi:10.1093/ageing/30.4.337
- Wang, C. Y., & Chen, L. Y. (2010). Grip strength in older adults: test-retest reliability and cutoff for subjective weakness of using the hands in heavy tasks. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 91(11), 1747-1751. doi:10.1016/j.apmr.2010.07.225
- Wang, L., van Belle, G., Kukull, W. B., & Larson, E. B. (2002). Predictors of functional change: a longitudinal study of nondemented people aged 65 and older. *Journal of the American Geriatrics Society*, 50(9), 1525-1534. doi:10.1046/j.1532-5415.2002.50408.x
- Wang, T. J., Belza, B., Thompson, F. E., Whitney, J. D., & Bennett, K. (2007). Effects of aquatic exercise on flexibility, strength and aerobic fitness in adults with osteoarthritis of the hip or knee. *Journal of Advanced Nursing*, 57(2), 141-152. doi:10.1111/j.1365-2648.2006.04102.x
- Wang, Z., Heymsfield, S. B., Chen, Z., Zhu, S., & Pierson, R. N. (2010). Estimation of percentage body fat by dual-energy x-ray absorptiometry: evaluation by in vivo human elemental composition. *Physics in Medicine & Biology*, 55(9), 2619-2635. doi:10.1088/0031-9155/55/9/013
- Warburton, D. E., Glendhill, N., & Quinney, A. (2001). The effects of changes in musculoskeletal fitness on health. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 26(2), 161-216. doi:10.1139/h01-012
- Ward, F. O. (1938). *Outlines of human osteology*. London: Henry Renshaw. (and recently reprinted as a facsimile---Publisher: Ulan Press [August 31, 2012] paperback: 408 pages, ASIN: B00A2T1IB4).

- Ware, J. E. (1993). *SF-36 Health Survey: Manual and interpretation guide*, Boston: The Health Institute, New England Medical Center.
- Ware, J. E., & Sherbourne, C. D. (1992). The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection. *Medical Care*, 30(6), 473-483.
- Ware, J. E., Johnston, S. A., & Davies-Avery, A. (1979). *Conceptualization and measurement of health for adults in the health insurance study : Mental Health*. (pub. no. R-1987}3-HEW). Rand Corporation: Santa Monica, CA.
- Watson, S. L., Weeks, B. K., Weis, L. J., Harding, A. T., Horan, S. A., & Beck, B. R. (2017). High-intensity resistance and impact training improves bone mineral density and physical function in postmenopausal women with osteopenia and osteoporosis: the LIFTMOR randomized controlled trial. *Journal of Bone and Mineral Research*, 33(2), 211-220. doi:10.1002/jbmr.3284
- Watson, S., Weeks, B., Weis, L., Harding, A., Horan, S., & Beck, B. (2019). High-intensity resistance and impact training improves bone mineral density and physical function in postmenopausal women with osteopenia and osteoporosis: the LIFTMOR randomized controlled trial. *Journal of Bone and Mineral Research*, 34(3), 572. doi:10.1002 / jbmr.3659
- Welch, J. M., & Rosen, C. J. (2005). Older women track and field athletes have enhanced calcaneal stiffness. *Osteoporosis Internacional*, 16(8), 871-878. doi:10.1007/s00198-004-1769-0
- Whitney, S. L., Marchetti, G. F., & Schade, A. I. (2006). The relationship between falls history and computerized dynamic posturography in persons with balance and vestibular disorders. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 87(3), 402-407. doi:10.1016/j.apmr.2005.11.002

- WHOQoL Group. (1995). The world health organization quality of life assessment (WHOQOL): position paper from the world health organization. *Social Science and Medicine*, *41*(10), 1403-1409. doi:10.1016/0277-9536(95)00112-k
- Wilk, K. D., & Johnson, R. E. (1988). The reliability of the Biodex B-2000. *Physical Therapy*, *68*, 792.
- Wilk, K. E., Andrews, J. R., & Arrigo, C. A. (1995). The abductor and adductor strength characteristics of professional baseball pitchers. *The American Journal of Sports Medicine*, *23*(3), 307-311. doi:10.1177/036354659502300309
- Wilk, K. E., Johnson, R. D., & Levine, B. (1988). The reliability of the Biodex B-2000 isokinetic dynamometer. *Physical Therapy*, *68*(6), 792-795.
- Williams, M. A., Haskell, W. L., Ades, P. A., Amsterdam, E. A., Bittner, V., Franklin, B. A., . . . Stewart, K. J. (2007). Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Council on Clinical Cardiology and Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism. *Circulation*, *116*(5), 572-584. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.107.185214
- Willing, M. C., Torner, J. C., Burns, T. L., Janz, K. F., Marshall, T., Gilmore, J., . . . Levy, S. M. (2003). Gene polymorphisms, bone mineral density and bone mineral content in young children: the Iowa bone development study. *Osteoporosis International*, *14*(8), 650-658. doi:10.1007/s00198-003-1416-1
- Windle, G. (2014). Exercise, physical activity and mental well-being in later life. *Reviews in Clinical Gerontology*, *24*(4), 319-325. doi:10.1017/S0959259814000173
- Wochna, K., Nowak, A., Huta-Osiecka, A., Sobczak, K., Kasprzak, Z., & Leszczyński, P. (2019). Bone mineral density and bone turnover markers in postmenopausal women subjected to an aqua fitness training program. *International Journal of*

- Environmental Research and Public Health*, 16(14), 2505-2512.
doi:10.3390/ijerph16142505
- Wolfe, B. L., LeMura, L. M., & Cole, P. J. (2004). Quantitative analysis of single- vs. multiple-set programs in resistance training. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(1), 35-47.
- Wolff, I., van Croonenborg, J. J., Kemper, H. C., Kostense, P. J., & Twisk, J. W. (1999). The effect of exercise training programs on bone mass: a meta-analysis of published controlled trials in pre- and postmenopausal women. *Osteoporosis International*, 9(1), 1-12. doi:10.1007/s001980050109
- Wong, T. W. (2019). Feasibility and preliminary efficacy of Ai Chi aquatic exercise training in Hong Kong's older adults with risk of falling: Design and methodology of a randomized controlled trial. *Contemporary Clinical Trials Communications*, 15(6), 100376. doi:10.1016/j.conctc.2019.100376
- Wood, R. H., Gardner, R. E., Ferachi, K. A., King, C., Ermolao, A., Cherry, K. E., . . . Jazwinski, S. M. (2005). Physical function and quality of life in older adults: sex differences. *Southern Medical Journal*, 98(5), 504-512.
doi:10.1097/01.SMJ.0000157534.08859.4B
- World Health Organization. (2012). *Prevention and control of noncommunicable diseases: guidelines for primary health care in low resource settings*. Geneva: World Health Organization.
- Wray, D. W., Uberoi, A., Lawrenson, L., & Richardson, R. S. (2006). Evidence of preserved endothelial function and vascular plasticity with age. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 290(3), 1-7.
doi:10.1152/ajpheart.00883.2005

- Wu, E., Liu, X., Liu, J., Li, P., & Wang, Z. (2018). Effectiveness of water-based Liuzijue exercise on respiratory muscle strength and peripheral skeletal muscle function in patients with COPD. *International Journal of COPD*, *13*, 1713-1726. doi:10.2147/COPD.S165593
- Xu, J., Lombardi, G., Jiao, W., & Banfi, G. (2016). Effects of Exercise on Bone Status in Female Subjects, from Young Girls to Postmenopausal Women: An Overview of Systematic Reviews and Meta-Analyses. *Sports Medicine*, *46*(8), 1165-1182. doi:10.1007/s40279-016-0494-0
- Yamazaki, S., Ichimura, S., Iwamoto, J., Takeda, T., & Toyama, Y. (2004). Effect of walking exercise on bone metabolism in postmenopausal women with osteopenia/osteoporosis. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, *22*(5), 500-508. doi:10.1007/s00774-004-0514-2
- Yanci, J., Los Arcos, A., Mendiguchia, J., & Brughelli, M. (2015). Relationships between sprinting, agility, one- and two-leg vertical and horizontal jump in soccer players. *Kinesiology*, *46*(2), 194-201.
- Yang, P. F., Brüggemann, G. P., & Rittweger, J. (2011). What do we currently know from in vivo bone strain measurements in humans? *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*, *11*(1), 8-20.
- Yelnik, A., & Bonan, I. (2008). Clinical tools for assessing balance disorders. *Neurophysiologie Clinique*, *38*(6), 439-445. doi:10.1016/j.neucli.2008.09.008
- Yoon, D. H., Kang, D., Kim, H., Kim, J. S., Song, H. S., & Song, W. (2016). Effect of elastic band-based high-speed power training on cognitive function, physical performance and muscle strength in older women with mild cognitive impairment. *Geriatrics & Gerontology International*, *17*(5), 765-772. doi:10.1111/ggi.12784

- Yoshihashi, A. K., Drake, A. J., & Shakir, K. M. (1998). Ward's triangle bone mineral density determined by dual-energy x-ray absorptiometry is a sensitive indicator of osteoporosis. *Endocrine Practice*, 4(2), 69-72. doi:10.4158/EP.4.2.69
- Yoshiya, S. (2017). The effects of exercise and sports activities on bone and joint morbidities. *Clinical Calcium*, 27(1), 39-43.
- Yu, X., Hou, L., Guo, J., Wang, Y., Han, P., Fu, L., . . . Guo, Q. (2020). Combined effect of osteoporosis and poor dynamic balance on the incidence of sarcopenia in elderly chinese community suburban-dwelling individuals. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 24(1), 71-77. doi:10.1007/s12603-019-1295-6
- Yuan, Y., Chen, X., Zhang, L., Wu, J., Guo, J., Zou, D., . . . Zou, J. (2016). The roles of exercise in bone remodeling and in prevention and treatment of osteoporosis. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 122(2), 122-130. doi:10.1016/j.pbiomolbio.2015.11.005
- Zahner, L., & Gollhofer, A. (2008). Strength, power, and postural control in seniors: Considerations for functional adaptations and for fall prevention. *European Journal of Sport Science*, 8(6), 325-340. doi:10.1080/17461390802478066
- Zaidi, M. (2007). Skeletal remodeling in health and disease. *Nature Medicine*, 13(7), 791-801. doi:10.1038/nm1593
- Zaino, C. A., Marchese, V. G., & Westcott, S. L. (2004). Timed up and down stairs test: preliminary reliability and validity of a new measure of functional mobility. *Pediatric Physical Therapy*, 16(2), 90-98. doi:10.1097/01.PEP.0000127564.08922.6A
- Zawadzki, J., Bober, T., & Siemieński, A. (2010). Validity analysis of the Biodex System 3 dynamometer under static and isokinetic conditions. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 12(4), 25-32.


- Zhang, K., Sun, M., Werner, P., Kovera, A. J., Albu, J., Pi-Sunyer, F. X., & Boozer, C. N. (2002). Sleeping metabolic rate in relation to body mass index and body composition. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*, 26(3), 376-383. doi:10.1038/sj.ijo.0801922
- Zhao, X., Wang, Z., Zhang, J., Hua, J., He, W., & Zhu, S. (2013). Estimation of total body skeletal muscle mass in Chinese adults: prediction model by dual-energy X-ray absorptiometry. *PLoS One*, 8(1), e53561. doi:10.1371/journal.pone.0053561
- Zimmer, P., Baumann, F. T., Oberste, M., Wright, P., Garthe, A., Schenk, A., . . . Wolf, F. (2016). Effects of exercise interventions and physical activity behavior on cancer related cognitive impairments: a systematic review. *BioMed Research International*, 1-13. doi:10.1155/2016/1820954
- Zion, A. S., De Meersman, R., Diamond, B. E., & Bloomfield, D. M. (2003). A home-based resistance-training program using elastic bands for elderly patients with orthostatic hypotension. *Clinical Autonomic Research*, 13(4), 286-292. doi:10.1007/s10286-003-0117-3
- Zoico, E., Rossi, A., Di Francesco, V., Sepe, A., Oliosio, D., Pizzini, F., . . . Zamboni, M. (2010). Adipose tissue infiltration in skeletal muscle of healthy elderly men: Relationships with body composition, insulin resistance, and inflammation at the systemic and tissue level. *The Journals of Gerontology: Series A*, 65A(3), 295-299. doi:10.1093/gerona/glp155

Capítulo 12
Anexos

Anexo I. Autorización del comité de ética



Anexo II. Autorización del Ayuntamiento de Valencia

Data Fecha	10 de Abril de 2014	 AJUNTAMENT DE VALENCIA REGISTRE D'EIXIDA 15.04.14 013898 - AJUNTAMENT DE VALENCIA de Savoia, 11	
Ref.	Expte.: 02201/2014/3575		
Servici Servicio	BIENESTAR SOCIAL E INTEGRACIÓN.		Destinatari(ària) / Destinatario(a)
Secció Sección	PERSONAS MAYORES		D. JUAN CARLOS COLADO SÁNCHEZ Aulario V. Universidad de Valencia C/ Gascó Oliag, 3 46010 - VALENCIA
ASSUMPTE ASUNTO	Notif. Informe.		

2645


Vista la solicitud presentada por D. Juan Carlos Colado Sánchez, dese traslado del informe técnico de fecha 9 de abril de 2014, que literalmente dice:

“Visto el escrito presentado por D. Juan Carlos Colado Sánchez, miembro de la Unidad de Investigación en Deporte y Salud, del Departamento de Educación Física y Deportiva de la Universidad de Valencia, desde la Sección de las Personas Mayores se informa de lo siguiente:

En relación a su petición de realizar un programa de actividad física con el fin de mejorar los parámetros músculo-esqueléticos, inmunológicos, metabólicos, de bienestar y funcionales de los usuarios de los Centros Municipales de Actividades para Personas Mayores, se valora favorablemente su petición siempre y cuando se comprometa a hacer frente con un seguro de responsabilidad civil en caso de surgir cualquier tipo de incidencia en el devenir de la actividad a realizar, y se respete la legislación existente en el área de la Protección de Datos.”

Lo que le comunico a Vd. para su conocimiento y efectos.

EL SECRETARIO, P.D.
La Jefa de Sección
(Por Delegación de 5 de Febrero 2010)


Amparo Montaner

Anexo III. Consentimiento informado

FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO CON CONOCIMIENTO DE CAUSA

Este documento certifica su aceptación en la participación del estudio denominado “EFECTO SOBRE PARÁMETROS MUSCULOESQUELÉTICOS, FUNCIONALES Y DE BIENESTAR AL ENTRENAR CON DIFERENTES DISPOSITIVOS DE RESISTENCIA A ALTAS INTENSIDADES EN ADULTOS MAYORES DE LOS CMAPM VALENCIA”. También queda informado de que puede retirarse del estudio en cualquier momento y que no recibirá compensación económica alguna por su participación en el mismo. El estudio está dirigido por el Dr. Juan Carlos Colado Sánchez y Dr. Víctor Tella Muñoz del Departamento de Educación Física y Deportiva de la Universidad de Valencia.

Con su firma de este Consentimiento Informado, usted manifiesta explícitamente que ha entendido la descripción del tipo de ejercicio a realizar y sus posibles complicaciones, así como de las evaluaciones pertinentes. Además, usted indica que cualquier duda que haya podido surgir sobre el proceso de evaluación y sus posibles riesgos ha sido respondida con claridad, quedando satisfecho con las explicaciones aportadas.

Las pruebas, tests y cuestionarios realizados para evaluar su aptitud física y cognitiva permitirán obtener información sobre su estado general de salud.

Las pruebas específicas de cineantropometría, en las que se recopilen los datos correspondientes a su composición corporal se realizarán siguiendo los procedimientos característicos de la ISAK (International Society of Advancement in Kineantropometry). En estas exploraciones puede ser conectado a un aparato eléctrico: analizador de impedancia bioeléctrica. Las molestias pueden provenir de la necesidad de desnudar alguna zona del cuerpo para la toma de medidas.

Las pruebas de aptitud funcional darán una información sobre sus cualidades físicas condicionales y coordinativas, siguiendo los protocolos científicos habituales al respecto. Las valoraciones psicosociales se harán mediante cuestionarios científicamente validados. Durante las valoraciones y tras las mismas, podrá experimentar fatiga.

La información obtenida como consecuencia de dicho ejercicio será confidencial y su uso será meramente informativo y científico, salvaguardando su identidad. Para ello será necesario su expreso consentimiento mediante autorización por escrito, valiendo como tal el presente escrito.

Al firmar el presente documento usted acepta la completa responsabilidad de su propia salud, y reconoce que ha sido informado y ha entendido que esta responsabilidad no es asumida por los responsables de su programa de ejercicio físico ni de la investigación. Del mismo modo, admite la creación, utilización y difusión del material fotográfico y de vídeo, que con fines científicos pueda generarse con su participación en el estudio.

De igual forma manifiesta que se le ha informado del compromiso por parte de los responsables del estudio acerca de la confidencialidad de aquellos datos personales que respecto de su persona pueden recabar los mismos durante la realización de la investigación.

En Valencia a _____ de _____ de 2014.

D. Dña. _____

DNI _____

Firma _____

Anexo IV. Cuestionario SF-36 para el bienestar Físico, Psicológico y Social.

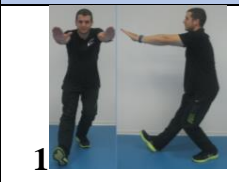

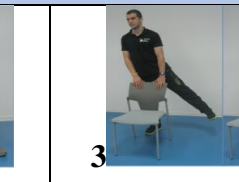

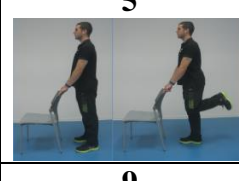
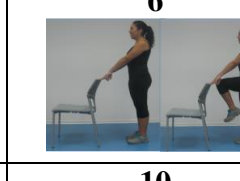
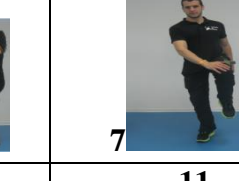
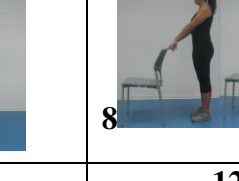

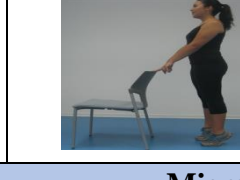
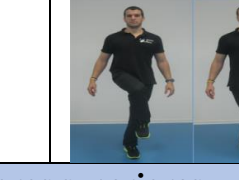
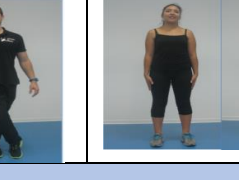
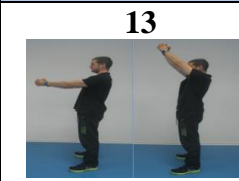


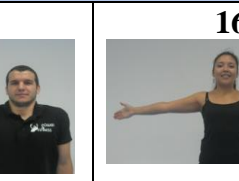

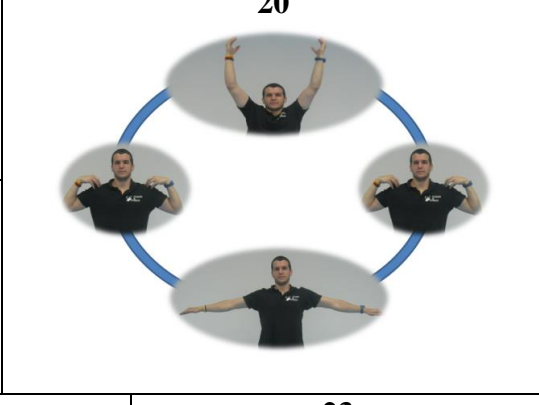



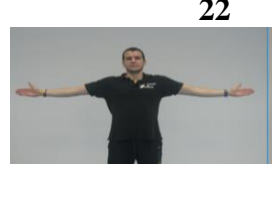

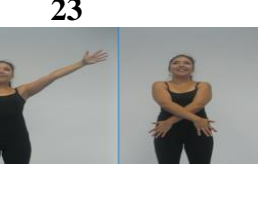
CUESTIONARIO DE SALUD SF-36		
Marque sólo una respuesta		
1. En general, usted diría que su salud es: 1 Excelente 2 Muy buena 3 Buena 4 Regular 5 Mala	2. ¿Cómo diría que es su salud actual, comparada con la de hace un año? 1 Mucho mejor ahora que hace un año 2 Algo mejor ahora que hace un año 3 Más o menos igual que hace un año 4 Algo peor ahora que hace un año 5 Mucho peor ahora que hace un año	
3. Su salud actual, ¿le limita para hacer esfuerzos intensos, tales como correr, levantar objetos pesados, o participar en deportes agotadores? 1 Sí, me limita mucho 2 Sí, me limita un poco 3 No, no me limita nada	4. Su salud actual, ¿le limita para hacer esfuerzos moderados, como mover una mesa, pasar la aspiradora, jugar a los bolos o caminar más de una hora? 1 Sí, me limita mucho 2 Sí, me limita un poco 3 No, no me limita nada	
5. Su salud actual, ¿le limita para coger o llevar la bolsa de la compra? 1 Sí, me limita mucho 2 Sí, me limita un poco 3 No, no me limita nada	6. Su salud actual, ¿le limita para subir varios pisos por la escalera? 1 Sí, me limita mucho 2 Sí, me limita un poco 3 No, no me limita nada	
7. Su salud actual, ¿le limita para subir un solo piso por la escalera? 1 Sí, me limita mucho 2 Sí, me limita un poco 3 No, no me limita nada	8. Su salud actual, ¿le limita para agacharse o arrodillarse? 1 Sí, me limita mucho 2 Sí, me limita un poco 3 No, no me limita nada	
9. Su salud actual, ¿le limita para caminar un kilómetro o más? 1 Sí, me limita mucho 2 Sí, me limita un poco 3 No, no me limita nada	10. Su salud actual, ¿le limita para caminar varias manzanas (varios centenares de metros)? 1 Sí, me limita mucho 2 Sí, me limita un poco 3 No, no me limita nada	
11. Su salud actual, ¿le limita para caminar una sola manzana (unos 100 metros)? 1 Sí, me limita mucho 2 Sí, me limita un poco 3 No, no me limita nada	12. Su salud actual, ¿le limita para bañarse o vestirse por sí mismo? 1 Sí, me limita mucho 2 Sí, me limita un poco 3 No, no me limita nada	
LAS SIGUIENTES PREGUNTAS SE REFIEREN A PROBLEMAS EN SUS ACTIVIDADES COTIDIANAS.		
13. Durante las 4 últimas semanas, ¿tuvo que reducir el tiempo dedicado al trabajo o a sus actividades cotidianas, a causa de su salud física?	SI	NO
14. Durante las 4 últimas semanas, ¿hizo menos de lo que hubiera querido hacer, a causa de su salud física?	SI	NO
15. Durante las 4 últimas semanas, ¿tuvo que dejar de hacer algunas tareas en su trabajo o en sus actividades cotidianas, a causa de su salud física?	SI	NO
16. Durante las 4 últimas semanas, ¿tuvo dificultad para hacer su trabajo o sus actividades cotidianas (por ejemplo, le costó más de lo normal), a causa de su salud física?	SI	NO
17. Durante las 4 últimas semanas, ¿tuvo que reducir el tiempo dedicado al trabajo o a sus actividades cotidianas, a causa de algún problema emocional (como estar triste, deprimido, o nervioso)?	SI	NO
18. Durante las 4 últimas semanas, ¿hizo menos de lo que hubiera querido hacer, a causa de algún problema emocional (como estar triste, deprimido, o nervioso)?	SI	NO
19. Durante las 4 últimas semanas, ¿no hizo su trabajo o sus actividades cotidianas tan cuidadosamente como de costumbre, a causa de algún problema emocional (como estar triste, deprimido, o nervioso)?	SI	NO

<p>20. Durante las 4 últimas semanas, ¿hasta qué punto su salud física o los problemas emocionales han dificultado sus actividades sociales habituales con la familia, los amigos, los vecinos u otras personas?</p> <p>1 Nada 2 Un poco 3 Regular 4 Bastante 5 Mucho</p>	<p>21. ¿Tuvo dolor en alguna parte del cuerpo durante las 4 últimas semanas?</p> <p>1 No, ninguno 2 Sí, muy poco 3 Sí, un poco 4 Sí, moderado 5 Sí, mucho 6 Sí, muchísimo</p>
<p>22. Durante las 4 últimas semanas, ¿hasta qué punto el dolor le ha dificultado su trabajo habitual (incluido el trabajo fuera de casa y las tareas domésticas)?</p> <p>1 Nada 2 Un poco 3 Regular 4 Bastante 5 Mucho</p>	
<p>LAS PREGUNTAS QUE SIGUEN SE REFIEREN A CÓMO SE HA SENTIDO Y CÓMO LE HAN IDO LAS COSAS DURANTE LAS 4 ÚLTIMAS SEMANAS. EN CADA PREGUNTA RESPONDA LO QUE SE PAREZCA MÁS A CÓMO SE HA SENTIDO USTED</p>	
<p>23. Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo se sintió lleno de vitalidad?</p> <p>1 Siempre 2 Casi siempre 3 Muchas veces 4 Algunas veces 5 Sólo alguna vez 6 Nunca</p>	<p>24. Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo estuvo muy nervioso?</p> <p>1 Siempre 2 Casi siempre 3 Muchas veces 4 Algunas veces 5 Sólo alguna vez 6 Nunca</p>
<p>25. Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo se sintió tan bajo de moral que nada podía animarle?</p> <p>1 Siempre 2 Casi siempre 3 Muchas veces 4 Algunas veces 5 Sólo alguna vez 6 Nunca</p>	<p>26. Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo se sintió calmado y tranquilo?</p> <p>1 Siempre 2 Casi siempre 3 Muchas veces 4 Algunas veces 5 Sólo alguna vez 6 Nunca</p>
<p>27. Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo tuvo mucha energía?</p> <p>1 Siempre 2 Casi siempre 3 Muchas veces 4 Algunas veces 5 Sólo alguna vez 6 Nunca</p>	<p>28. Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo se sintió desanimado y triste?</p> <p>1 Siempre 2 Casi siempre 3 Muchas veces 4 Algunas veces 5 Sólo alguna vez 6 Nunca</p>
<p>29. Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo se sintió agotado?</p> <p>1 Siempre 2 Casi siempre 3 Muchas veces 4 Algunas veces 5 Sólo alguna vez 6 Nunca</p>	<p>30. Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo se sintió feliz?</p> <p>1 Siempre 2 Casi siempre 3 Muchas veces 4 Sólo alguna vez 5 Nunca</p>
<p>31. Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo se sintió cansado?</p> <p>1 Siempre 2 Casi siempre 3 Algunas veces 4 Sólo alguna vez</p>	<p>32. Durante las 4 últimas semanas, ¿con qué frecuencia la salud física o los problemas emocionales le han dificultado sus actividades sociales (como visitar a los amigos o familiares)?</p> <p>1 Siempre 2 Casi siempre 3 Algunas veces 4 Sólo alguna vez 5 Nunca</p>
<p>POR FAVOR, DIGA SI LE PARECE CIERTA O FALSA CADA UNA DE LAS SIGUIENTES FRASES</p>	
<p>33. Creo que me pongo enfermo más fácilmente que otras personas.</p> <p>1 Totalmente cierta 2 Bastante cierta 3 No lo sé 4 Bastante falsa 5 Totalmente falsa</p>	
<p>34. Estoy tan sano como cualquiera.</p> <p>1 Totalmente cierta 2 Bastante cierta 3 No lo sé 4 Bastante falsa 5 Totalmente falsa</p>	
<p>35. Creo que mi salud va a empeorar.</p> <p>1 Totalmente cierta 2 Bastante cierta 3 No lo sé 4 Bastante falsa 5 Totalmente falsa</p>	
<p>36. Mi salud es excelente.</p> <p>1 Totalmente cierta 2 Bastante cierta 3 No lo sé 4 Bastante falsa 5 Totalmente falsa</p>	









Anexo V. Lista de chequeo para el control de las sesiones de entrenamiento.

CAMPM:	Nº sesión:	Fecha:	
		SÍ	NO
1.	¿El instructor revisa el estado de los tubos elásticos / dispositivos de resistencia entregadas a los participantes?		
2.	¿Da aviso a los directivos del centro del inicio de la sesión?		
3.	¿Revisa y ajusta la temperatura de la sala / piscina?		
4.	¿Realiza el control de asistencia de los participantes?		
5.	¿Entrega las tubos elásticos correspondientes a cada mujer mayor?		
6.	¿Solicita la revisión del estado de los tubos elásticos / dispositivos de arrastre por parte de los participantes?		
7.	¿Se lleva a cabo el calentamiento en el tiempo estipulado y siguiendo el protocolo correspondiente a la sesión?		
8.	¿Realiza los ejercicios de entrenamiento correspondientes a la sesión?		
9.	¿Recuerda la técnica de ejecución de cada ejercicio?		
10.	¿Recuerda y/o educa el control de la respiración?		
11.	¿Corrige y/o solicita al instructor de referencia la corrección de las mujeres mayores que no realizan la técnica de ejercicio adecuadamente?		
12.	¿Cumple el tiempo de pausa activa?		
13.	¿Realiza el control de la intensidad OMNI-RES al iniciar cada ejercicio?		
14.	¿Registra las variaciones de color y/o número de tubos elásticos utilizado por cada participante?		
15.	¿Otorga los tiempos de hidratación correspondiente?		
16.	¿Cumple con el tiempo de elongación y protocolo de elongación?		
17.	¿Recoge y guarda el material utilizado?		
18.	¿Desecha (de producirse el caso) los tubos elásticos / dispositivos de arrastre rotos?		
19.	¿Da aviso a los directivos del fin de la sesión y asistencia del día?		

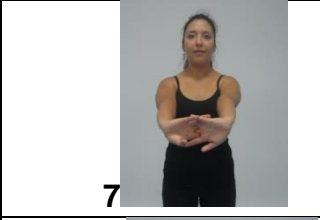
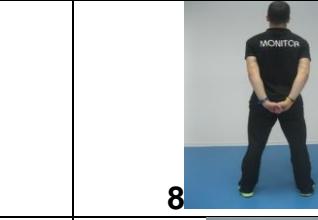
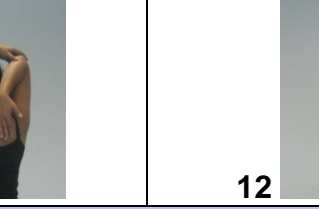
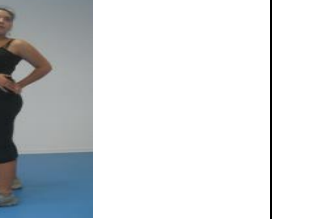
Anexo VI. Ejercicios de calentamiento durante la intervención de 32 semanas.

Miembros inferiores			
			
			
			
Miembros superiores			
			
			
			
			
Semanas (15 rep. por cada ejercicio) 10 minutos (ACSM 2014)	1-3	1,2,3,4	13,14,15,16
	4-7	5,6,7,8	17,18,19,20
	8-11	9,10,11,12	21,22,23,1
	12-15	1, 2,5,9	13,17,18,21
	16-19	3,6,7,1	14,17,19,22
	20-23	4,8,11, 12	15,16,20,23
	24-27	4, 5,7,10	13,20,21,23
28-32	1,6,11,12	15,16 ,18,22	

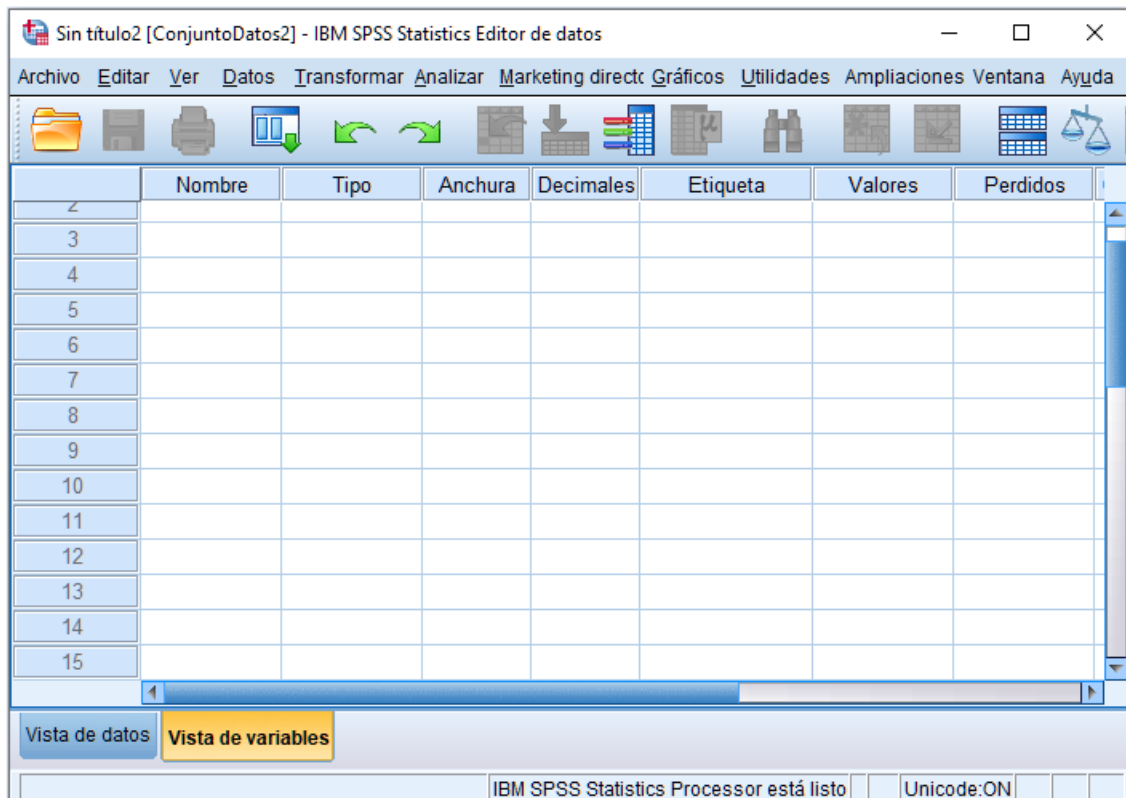
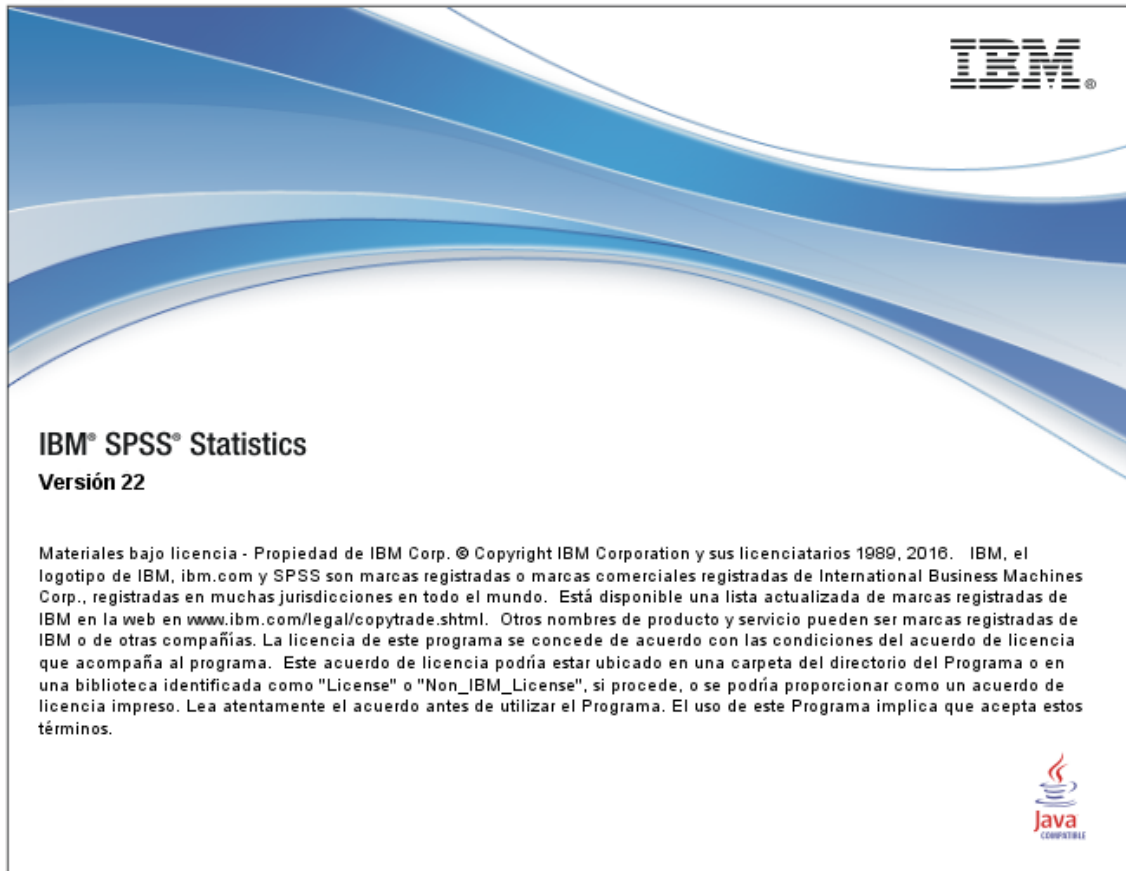
Anexo VII. Ejercicios de recuperación activa durante la intervención de 32 semanas.

 <p>1</p>	 <p>2</p>	
 <p>3</p>	 <p>4</p>	
 <p>5</p>	 <p>6</p>	
 <p>7</p>	 <p>8</p>	
<p>Semanas</p>	<p>1-3</p>	<p>1,2</p>
	<p>4-7</p>	<p>3,4</p>
	<p>8-11</p>	<p>5,6</p>
	<p>12-15</p>	<p>7,8</p>
	<p>16-19</p>	<p>1,3</p>
	<p>20-23</p>	<p>2,4</p>
	<p>24-27</p>	<p>5,7</p>
	<p>28-32</p>	<p>6,8</p>

Anexo VIII. Ejercicios de elongación durante la intervención de 32 semanas.

Miembro inferior		
		
		
Miembro superior		
		
		
Tronco y cuello		
		
		
SEMANAS 3 series 20 s (ACSM 2007,2013)	1-3	1,2,3 7,8 13,14
	4-7	4,5,6 9,10 15,16
	8-11	1,5,6 7,10 13,16
	12-15	4,2,6 11,12 14,15
	16-19	1,2,3 7,8 13,14
	20-23	4,5,6 9,10 15,16
	24-27	1,5,6 7,10 13,16
28-32	4,2,6 11,12 14,15	

Anexo IX. Programa estadístico SPSS versión 22 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).



Anexo X. Publicaciones y divulgación científica de la presente Tesis Doctoral.

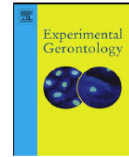
Experimental Gerontology 103 (2018) 11–16



Contents lists available at ScienceDirect

Experimental Gerontology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/expgero



Concurrent validation of the OMNI-Resistance Exercise Scale of perceived exertion with elastic bands in the elderly

Juan C. Colado^{a,b,*}, Felipa M. Pedrosa^{b,c}, Alvaro Juegas^a, Pedro Gargallo^a, Juan J. Carrasco^d, Jorge Flandez^e, Matheus U. Chupe^{c,f}, Ana M. Teixeira^c, Fernando Naclerio^g

^a Research Group in Prevention and Health in Exercise and Sport, University of Valencia, Spain

^b Research Unit in Sport and Health, University of Valencia, Spain

^c Research Center for Sport and Physical Activity, Faculty of Sport Science and Physical Education, University of Coimbra, Portugal

^d Department of Physiotherapy, University of Valencia, Valencia, Spain

^e Institute of Education Sciences, Physical Education and Sports Degree, Austral University of Chile, Valdivia, Chile

^f CAPES Foundation, Ministry of Education, Brazil

^g Department of Life and Sport Science, University of Greenwich, United Kingdom



ARTICLE INFO

Section Editor: Marzetti Emanuele

Keywords:

RPE

Heart rate

Applied force

Resistance training

ABSTRACT

Purpose: To examine the concurrent validity of the OMNI-Resistance Exercise Scale of perceived exertion using elastic bands in elder population.

Methods: Twenty-six participants performed three separate sets of 15 repetitions (low- medium- and high-intensity) for 4 different exercises (2 for the upper-limb and 2 for the lower limb), over two different testing sessions. The criterion variables were heart rate and applied force (average and maximum). In addition to these dependent variables, the active muscle and overall body OMNI-RES for elastic bands scores were collected at the end of each repetition.

Results: Significant differences in heart rate, applied force and OMNI-RES scores between the low- and high-intensity sets were observed. For all the four exercises, high intensity sets elicited higher heart rate, applied force, and RPE compared to the medium and the low overloads. Intraclass correlation coefficient was 0.79 in heart rate and ranged 0.69–0.80 in OMNI-RES Scale and 0.76–0.86 for the applied force.

Conclusion: A strong positive and linear relationship was observed between the rating of perceived exertion and both heart rate and applied force. The OMNI-RES scale with elastic bands demonstrated to be a valid method for assessing the perceived exertion during resistance exercises and consequently represent a useful tool for prescribing exercise intensity to the elderly.

1. Introduction

Aging is characterized by a loss of muscle strength and physical functioning (Rossi et al., 2017), which leads to a decrease in the performance of instrumental daily activities, independence and quality of life and, consequently, an increase in the risk of falls, morbidity and mortality in older adults (OA) (Delmonico et al., 2007; Mally et al., 2011). Resistance training (RT) has well-established positive effects to decreasing fat mass and attenuating progressive loss of fat-free mass in elderly (Chodzko-Zajko et al., 2009). Even though, the use of free weights and machines is currently very popular among coaches and clinicians these devices are not always feasible for OA, who may need specific and strong personalized support. Indeed, it has been demonstrated that the attrition rate during the first year of training using free

weight is approximately 50% in OA (Colado and Triplett, 2008). Conversely, elastic resistances represent alternative very easy to use, transport and maintain devices that in addition have showed a reduced risk of injury in “healthy” and “not healthy” elderly (Martins et al., 2013). Several recent publications have highlighted the advantages of using elastic material for increasing strength and performance in OA. José and Dal Corso (2016) indicate that using elastic materials in healthcare settings is an effective method, easier to transport and store (in settings that often have very limited space) and are significantly less expensive. Furthermore, elastic resistances have elicited higher intrinsic motivation in healthcare practitioners to advocate for strength exercises that can be even performed at home (Polyte et al., 2015).

The control of exercise intensity is an important factor to ensure the safety and efficacy of physical activity in any context of application,

* Corresponding author at: Juan C. Colado. Research Group in Prevention and Health in Exercise and Sport, University of Valencia, Spain.

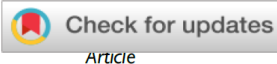
E-mail addresses: juan.colado@uv.es (J.C. Colado), Juan.J.Carrasco@uv.es (J.J. Carrasco), ateixeira@fcdfe.uc.pt (A.M. Teixeira), F.J.Naclerio@greenwich.ac.uk (F. Naclerio).

<https://doi.org/10.1016/j.exger.2017.12.009>

Received 22 October 2017; Received in revised form 11 December 2017; Accepted 12 December 2017

Available online 17 December 2017

0531-5565/© 2017 Elsevier Inc. All rights reserved.



Article

The Effect of Moderate- Versus High-Intensity Resistance Training on Systemic Redox State and DNA Damage in Healthy Older Women

Pedro Gargallo, MSc¹, Juan C. Colado, PhD², Alavaro Jueas, MSc¹, Amaya Hernando-Espinilla, MSc³, Nuria Estañ-Capell, PhD³, Lidia Monzó-Beltran, MSc⁴, Paula García-Pérez, BSc⁴, Omar Cauli, PhD⁵, and Guillermo T. Sáez, PhD³

Biological Research for Nursing
1-13
© The Author(s) 2018
Reprints and permission:
sagepub.com/journalsPermissions.nav
DOI: 10.1177/1099800417753877
journals.sagepub.com/home/brn
SAGE

Abstract

This study investigated effects of a 16-week progressive resistance training program (RTP) with elastic bands at two different intensities on systemic redox state, DNA damage, and physical function in healthy older women. **Methods:** Participants were randomly assigned to the high-intensity group (HIGH; $n = 39$), moderate-intensity group (MOD; $n = 31$), or control group (CG; $n = 23$). The exercise groups performed an RTP twice a week with three to four sets of 6 (HIGH) or 15 (MOD) repetitions of six overall body exercises at a perceived exertion rate of 8–9 on the OMNI-Resistance Exercise Scale for use with elastic bands. Thiol redox state was determined by reduced glutathione (GSH), oxidized glutathione (GSSG), and GSSG/GSH in blood mononuclear cells. Degree of DNA damage was assessed by presence of the oxidized DNA base molecule 8-oxo-7,8-dihydro-2'-deoxyguanosine (8-OHdG) in urine. Physical function monitoring was based on the arm curl, chair stand, up and go, and 6-min walk tests. **Results:** The HIGH group showed a significant increase in 8-OHdG (+71.07%, effect size [ES] = 1.12) and a significant decrease in GSH (−10.91, ES = −0.69), while the MOD group showed a significant decrease in 8-OHdG levels (−25.66%, ES = −0.69) with no changes in thiol redox state. GSH levels differed significantly between the HIGH and CG groups posttest. The exercise groups showed significant improvements in physical function with no differences between groups. **Conclusion:** RTP at a moderate rather than high intensity may be a better strategy to reduce DNA damage in healthy older women while also increasing independence.

Keywords

strength training, oxidative stress, urine 8-oxo-dG, GSSG/GSH, randomized controlled trial

Human aging is characterized by a progressive decline in the neuromuscular system, with marked decreases in skeletal muscle mass, muscle strength, and physical function beginning in the sixth decade in life (Delmonico et al., 2009; Manini & Clark, 2011). It has been hypothesized that one of the causes of these changes may be the deleterious and cumulative effects of reactive oxygen species (ROS) along with a decrease in endogenous antioxidants in older adults (Bouzid, Hammouda, Matran, Robin, & Fabre, 2014). These effects are especially marked in older women because they are exposed to particular risk due to the loss of the antioxidant effects of estrogen during menopause (Moreau & Hildreth, 2014) and the high levels of sarcopenia and dynapenia seen in women compared to men (Brady, Straight, & Evans, 2014).

Chronic oxidative stress (OS) has also been associated with the loss of skeletal muscle mass and muscle strength (Cesari et al., 2012; Howard et al., 2007). The production of excess

ROS can cause chronic OS, affecting several different organic molecules, including nucleic acids, and provoking DNA damage. One of the most abundant and potentially mutagenic

¹ Research Group in Prevention and Health in Exercise and Sport, University of Valencia, Valencia, Spain

² Research Group in Prevention and Health in Exercise and Sport, University of Valencia, Valencia, Spain

³ Service of Clinical Analysis, University Hospital Dr. Peset–FISABIO, University of Valencia, Valencia, Spain

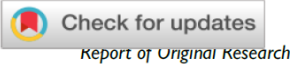
⁴ Oxidative Pathology Unit, Department of Biochemistry and Molecular Biology, Faculty of Medicine–INCLIVA, University of Valencia, Valencia, Spain

⁵ Nursing Department, University of Valencia, Valencia, Spain

Corresponding Author:

Juan C. Colado, PhD, Department of Physical Education and Sports, University of Valencia, C/Gascó Oliag 3, 46010 Valencia, Spain.

Email: juan.colado@uv.es



Positive Effects of a Short-Term Intense Elastic Resistance Training Program on Body Composition and Physical Functioning in Overweight Older Women

Nicole B. Fritz, MSc^{1,2}, Álvaro Jueas, MSc², Pedro Gargallo, MSc², Joaquín Calatayud, PhD³, Julio Fernández-Garrido, PhD^{2,4}, Michael E. Rogers, PhD⁵, and Juan C. Colado, PhD^{2,3}

Biological Research for Nursing
1-14
© The Author(s) 2018
Reprints and permission:
sagepub.com/journalsPermissions.nav
DOI: 10.1177/1099800418757676
journals.sagepub.com/home/brn
SAGE

Abstract

The aim of this study was to investigate the effects of a resistance training program (RTP) in older overweight women (OOW) using two different types of elastic devices. **Methods:** This study was a randomized controlled trial with pre- and postintervention measures. Participants included OOW, aged 60–85 years, with no medical history of disease that would preclude them from engaging in physical exercise. Participants were randomly divided into the following groups: elastic tubes with handles group (ETG; $n = 22$), traditional elastic bands group ($n = 21$), and control group (CG; $n = 20$). Exercise groups (EGs) performed the following supervised RTP: 8 weeks, twice weekly, six overall body exercises, and 3–4 sets of 10 repetitions at a rate of perceived exertion (RPE) of 7–9 on the OMNI-Resistance Exercise Scale of perceived exertion. The controls did not change their usual lifestyle. Outcome measures included body composition (BC; total and regional percentage of fat mass [FM] and fat-free mass [FFM]) and physical performance (PP; dynamic and isometric strength, flexibility, agility/dynamic balance, and endurance). **Results:** Both EGs exhibited significantly reduced FM in the upper limbs (ULs) and trunk and increased FFM in the UL, while the ETG exhibited a significantly increased trunk FFM. Both EGs improved in PP, and there were no intergroup differences. Trunk FM and FFM and meters walked differed significantly between the ETG and CG. The CG did not exhibit any significant changes. **Conclusion:** Training with elastic devices at a moderate–high RPE produces short-term improvements in BC and PP in OOW.

Keywords

fat and fat-free mass, strength, perceived effort, elastic bands and tubes

Body composition (BC) changes are a hallmark of the physiological aging process, including an increase in fat mass (FM), particularly in central and visceral depots, and a decrease in fat-free mass (FFM). These changes are associated with an increased risk of metabolic and cardiovascular disease (Chodzko-Zajko et al., 2009; Rossi et al., 2017). Due to aging, inactivity, and poor nutrition, the prevalence of overweight and obesity in the general U.S. population has doubled over the past 10 years (Fakhouri, Ogden, Carroll, Kit, & Flegal, 2007), with recent rates of obesity in non-Hispanic White women and Hispanic women over 60 years of age estimated at 32.8% and 44.4%, respectively (Fitzpatrick et al., 2008). Overweight and obesity are more common in older women than in older men, and changes in BC occur more frequently in women in the later decades of life due to menopause (Pucci et al., 2017). The combination of aging and obesity accelerates the loss of muscle strength and physical functioning, which leads to a decrease in the performance of instrumental daily activities, independence, and quality of life and, consequently, an increase in the risk of

falls, morbidity, and mortality in older adults (OAs; Delmonico et al., 2007; Mally, Trentmann, Heller, & Dittmar, 2011).

Among the different types of physical exercise, resistance training (RT) has well-established positive effects on weight loss because, unlike aerobic training, RT leads to a decrease in FM and attenuates the loss of FFM. Modification of some

¹Kinesiology Department, Austral University of Chile, Valdivia, Chile

²Research Group in Prevention and Health in Exercise and Sport, University of Valencia, Valencia, Spain

³Research Unit in Sport and Health, University of Valencia, Valencia, Spain

⁴Nursing Department, Faculty of Nursing and Chiropody, University of Valencia, Valencia, Spain

⁵Department of Human Performance Studies, Wichita State University, Wichita, KS, USA

Corresponding Author:

Juan C. Colado, PhD, University of Valencia, C/ Gascó Oliag 3, Valencia, 46010, Spain.

Email: juan.colado@uv.es



CERTIFICADO

La Escuela de Kinesiología de la Universidad Finis Terrae certifica que

Fritz, N., Colado JC., Juegas, A., Gargallo, P., Muñoz, V.

Participaron en calidad de asistentes y presentaron como Poster la siguiente investigación:
“Short-term effects of strength training with elastic bands at different levels of intensity on body composition, motor function and wellness in older adults” en el VI Congreso Internacional de Ciencias del Deporte, organizado por la Escuela de Kinesiología de la Universidad Finis Terrae en colaboración con Copenhagen Centre of Team Sports and Health de la University of Copenhagen realizado el 18 y 19 de diciembre de 2015 en Santiago, Chile.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Zbinden', is positioned above the printed name.

Dr. Hermann Zbinden, PhD.
Presidente Congreso
Universidad Finis Terrae

Santiago, diciembre de 2015

P73

Effects of a resistance training program on functional performance, oxidative stress and cardiovascular risk factors in healthy older adults

Ronda Serrat, Mar¹; Colado Sánchez, Juan Carlos²; Hernandez Espinilla, Amaya³; Gargallo Bayo, Pedro²; Iradi Casal, Antonio⁴; Muñoz Cutillas, Victor²; Estany Capell, Nuria³; Juesas Torres, Álvaro²; Tormo Muñoz, M.Carmen¹; Monzó Beltrán, Lidia¹; Rivera Ballesteros, Sergio¹; and Sáez Tormo, Guillermo⁵.

¹Faculty of Medicine-INCLIVA (University of Valencia), Department of Biochemistry and Molecular Biology, Valencia, Spain; ²Research Group in Sport and Health (University of Valencia), Valencia (Spain); ³University of Valencia - INCLIVA (Universitary Hospital Doctor Pesset), Valencia (Spain); and ⁴Faculty of Medicine-INCLIVA (University of Valencia), Department of Physiology, Valencia, Spain; ⁵Oxidative Stress Commission-SEQC, Faculty of Medicine-INCLIVA (University of Valencia), Department of Biochemistry and Molecular Biology, University Hospital Dr. Peset, Valencia, Spain.

Introduction

Aging is known to develop parallel to different cardiovascular and metabolic complications. Vast amount of literature supports the theory of the Free Radicals as the explanation for the aging process. Hypothesis of how physical activity can improve this aging progression are made. However, contradiction is obvious based on the concept that physical exercise increases oxidative stress.

Incongruity can come from the fact that there are different types of physical exercise, each one producing a distinct action on many body macromolecules. We therefore try to establish an exercising protocol on older adults for being trained and to assess its effects on their clinical and oxidative stress status.

Material and methods

96 healthy adults (60 – 88 years old) were randomly distributed in the control group or the exercise groups with different resistance intensities (15RS or 6RS) twice a week during a regular 4-months exercise. Functional performance was recorded and representative markers of lipid metabolism, oxidative stress and related cardiovascular risk factors were analyzed in blood and urine of all participants following standard laboratory methods.

Results and conclusions

We observed an on-going and significant decrease of the oxidative footprints on lipids (LDLox and 8-isoprostanes) together with an improvement of the lipid metabolic profile in the older adult group after exercise. Functional performance and cardiovascular risk was improved without significant differences between exercises groups.

The obtained results may emphasize the important role of a controlled exercise program for the prevention of oxidative stress and cardiovascular related alterations in the older adult subjects.

Supported by PI13/01848, Plan Estatal de I D I 2013-2016; ISCIII-Subdirección General de Evaluación y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). Department of Social Welfare of the City of Valencia (Spain). Fundación Mapfre.

PHYSICAL FITNESS OF LITHUANIAN PRIMARY SCHOOL CHILDREN. PILOT STUDY

CESNAITIENE, V.1, EMELJANOVAS, A.1, MIEZIENE, B.1, TUMYNAITE, L.1, FJØRTOFT, I., KJØNNIKSEN, L.

Lithuanian Sports University

Introduction At present, studies have shown that despite the physical activity recommendations and greater investment in the promotion of children's physical activity, there is still not enough attention paid to testing children's physical fitness. In particular, there is a lack of analysis of younger school-age children's physical fitness and its influencing factors. It is well known that underdeveloped physical abilities of children have a negative impact on their health and well-being in childhood and adulthood (Corbin et al., 2014). Therefore, such studies are very important aiming at improving children's health indicators. Methods Data from 242 primary school students aged 7 – 11 years were gathered, 52.7% of them were boys. The 9 items test battery, developed by Fjørtoft et al. (2011), included the following tests: standing broad jump, jumping a distance of 7 m on 2 feet, jumping a distance of 7 m on one foot, throwing a tennis ball with one hand, pushing a medicine ball with 2 hands, climbing wall bars, performing a 10 x 5 m shuttle run, running 20 m as fast as possible, and performing a reduced Cooper test (6 minutes). Results Boys performed better than girls ($p < .05$) on total fitness and most separate tests, except for performing a 10 x 5 m shuttle run, jumping a distance of 7 m on 2 and 1 feet. Comparison of physical abilities of differently aged boys has shown that strength and strength endurance indicators improve with age. Agility, coordination, aerobic endurance did not statistically significantly differ comparing the indicators for 7-, 8-, 9-, and 10- year-old boys. Comparing physical fitness indicators for differently aged girls we did not find statistically significant differences. Height, weight, BMI and body fat mass were not related to the total physical fitness. Pushing a medicine ball with 2 hands was associated with a higher score on height, weight and BMI ($r = .332, .343, .260$, respectively). Discussion Results obtained from the girls do not reflect the distribution of the overall children's physical fitness indicators in the aspect of age groups. While the improvement of these indicators is observed with age, it is not statistically significant ($p > .05$). These findings may be influenced by the small sample size which is characteristic of the pilot study. We did not observe significant differences comparing physical fitness indicators for children in Lithuania and other countries. Boys' physical fitness indicators improved with age and were statistically significantly ($p < .05$) different from those of girls. References Corbin, C. B., Welk, G. J., Richardson, C., Vowell, C., Lambdin, D., & Wikgren, S. (2014). *Recreation & Dance*, 85(2), 24-31. Fjørtoft, I., Pedersen, A. V., Sigmundsson, H., & Vereijken, B. (2011). *Physical Therapy*, 91(7), 1087-1095.

EFFECTS OF RESISTANCE TRAINING WITH ELASTIC BANDS AT DIFFERENT LEVELS OF INTENSITY ON THE IMMUNE SYSTEM OF OLDER ADULTS

MUNOZ CUTILLAS, V.1, GARGALLO, P.1, JUESAS, A.1, SAEZ, G.1,2, ESTAN, N.2, COLADO, J.C.1

University of Valencia

1: University of Valencia (Valencia, Spain), 2: Clinical Analysis Service, University Hospital Dr. Peset, (Valencia, Spain). Introduction Resistance training has proven to be an efficient method for the improvement of the immune system (IS) in older adults (OA) but there are no evidences that the use of elastic bands is efficient for these purposes. The main objective of this study was to analyse the chronic effects of a strength training program with elastic bands at different intensities, on the IS parameters and the inflammatory profile of OA. Methods 86 OA (69.47 ± 5.16), were randomized in 3 groups: Control group (CG) ($n=37$), Moderate Intensity Training Group (MITG) ($n=26$) and High Intensity Training Group (HITG) ($n=23$). 16 weeks (WK) of elastic bands (TheraBand) resistance training program was conducted, twice a WK, with 6 exercises. The training groups exercised at moderate and high intensity, performing 15 and 6 repetitions respectively, with a perceived exertion of 6-7 OMNI-RES for the first 4 WK and 8-9 the next 12 WK. Leukocytes (LK), neutrophils (NT), lymphocytes (LP), monocytes (MN), eosinophils (EN), basophils (BS), C-reactive protein (CRP) and interleukin 6 (IL) were measured. Non parametric tests were performed. Results Main results showed significant differences between HITG and MITG in LP and MN ($p < 0.05$) and a tendency in LK post measurement ($p < 0.09$) was detected. Differences in between the HITG and CG were found in LK and MN ($p < 0.05$). Significant differences occurred in the intragroup results of HITG in the LK (-7.27%) and monocyte variable (-20%). In the intragroup analysis, in MITG and HITG CRP diminished (-22,1% and -18,58% respectively), whereas CG increased IL-6 (+15,78%). Discussion Training protocol performed improved the immune response of both groups, even though high intensity is linked to a worsening of it. So, although it is claimed that there are no chronic changes in the IS in studies of less than 6 months of duration (Walsh et al., 2011), it has been proven that, after 4 months, signs of improvement of this system can be detected. References Walsh NP, Gleeson M, Shephard RJ, Gleeson M, Woods JA, Bishop NC, Fleshner M, Green C, Pedersen BK, Hoffman-Goetz L, Rogers CJ, Northoff H, Abbasi A, Simon P. (2011). Position statement part one: immune function and exercise. *Exerc Immunol Rev*, 17, 64-103. Gleeson M, Bishop NC, Stensel DJ, Lindley MR, Mastana SS, Nimmo MA. (2011). The anti-inflammatory effects of exercise: mechanisms and implications for the prevention and treatment of disease. *Nat Rev Immunol*, 11(9), 607-615. Contact: Victor.m.cutillas@gmail.com

THE RELATIONSHIP BETWEEN PHYSICAL ACTIVITY, INACTIVITY AND PHYSICAL FITNESS AMONG LITHUANIAN PRIMARY SCHOOL CHILDREN

EMELJANOVAS, A., MIEZIENE, B., CESNAITIENE, V., PETERYTE, I., DAUGININKAS, D.

Lithuanian sports university

Introduction Recently it is emphasized that physical education should focus on physical fitness rather than physical activity (Corbin et al., 2014). Health related physical fitness acts as a preventive factor to various chronic diseases. The aim of this study is to examine the relationship of physical fitness and physical activity as well as inactivity in Lithuanian primary school students. Methods Data from 242 primary school students from grade 1 to grade 4 were gathered, 52.7% were boys. The 9-item test battery was applied to measure physical fitness. The test battery was developed by Fjørtoft et al. (2011) and included tests: standing broad jump, jumping a distance of 7 m on 2 feet, jumping a distance of 7 m on one foot, throwing a tennis ball with one hand, pushing a medicine ball with 2 hands, climbing wall bars, performing a 10 x 5 m shuttle run, running 20 m as fast as possible, and performing a reduced Cooper test (6 minutes). Data about leisure time physical activity and sitting time were also gathered. Results Regression analysis revealed that physical activity was related to total physical fitness ($\beta = .228, t = 2.590, p = .011$) and added 5% to total physical fitness variance until the inactivity was added to the equation. Then it became insignificant ($p > .05$). The results were obtained controlling for gender and age. Meanwhile, physical inactivity predicted lower total physical fitness ($\beta = -.278, t = -3.057, p = .003$) and added 6% to the explanation of physical fitness variance. Physical activity had positive predictive value on reduced Cooper test ($\beta = .200, t = -1.955, p = .05$). Physical inactivity predicted lower scores on throwing a tennis ball, running 20 m, performing a 10 x 5 m shuttle run ($\beta = -.225, t = -2.593, p = .011$; $\beta = .205, t = 2.003, p = .048$; $\beta = -.275, t = -2.623, p = .010$, respectively). Discussion Results of this study support the premise that poor physical fitness related to low physical activity,

ADAPTATIONS IN MUSCLE MASS AND MOTOR FUNCTION DURING RESISTANCE TRAINING WITH ELASTIC BANDS AT DIFFERENT INTENSITIES IN OLDER ADULTS

GARGALLO, P.1, MUNOZO, V.1, JUESAS, A.1, SAEZ, G.1,2, HERNANDO, A.2, IRADI, A.3, COLADO, J.C.1

University of Valencia

1: University of Valencia (Valencia, Spain), 2: Clinical Analysis, University Hospital Dr. Peset, (Valencia, Spain), 3: Physiology Department, University of Valencia (Valencia, Spain). Introduction Resistance training (RT) is an intervention frequently used to improve muscle strength and body composition in older adults (OA) (Chodzko-Zajko et al., 2009). Despite this, there is a lack of knowledge on how elastic resistance training (ERT) affects the muscle mass (MM) and motor function (MF) in this population. The purpose of this study was to determine the effects of ERT at different intensities on MM and MF in OA. Methods 121 OA (70.07 ± 5.12 years) were randomized into three groups: Control Group (CG) (n=45); High Intensity Group (HIG) (n=39); and Moderate Intensity Group (MIG) (n=37). A 16 weeks (WK) elastic resistance training (ERT) (TheraBand) program twice a WK was applied with 6 exercises. HIG were performed with 6 repetitions (REP) while MIG with 15 REP and both at intensity of 6-7 on the OMNI-RES perceived exertion for the first 4 WK and 8-9 the next 12. Total, upper, lower limbs MM and isometric strength (IS) were measured. Nonparametric tests were performed. Results The results showed significant improved in HIG and MIG respectively, comparing pre and post-training in total MM (+1.73 and +1.55%), upper limbs MM (+6.35 and +4.75%) and lower limbs MM (+2.99 and 2.64%). Regarding IS, HIG and MIG had significant improvements in vertical rowing (+38.71 and +46.19%, respectively) and horizontal leg press (+52.82 and 73.07%, respectively). Analysis between groups showed no significant effects. Discussion Our results could indicate that variables of prescription applied are not enough stimuli to provoke significant effects between intensities in OA and agree with previous studies (Borde R, Hortobágyi T, Granacher U, 2015; Martins et al., 2015). ERT are an effective method for improving MM and MF in OA but more research is necessary to identify the effect of different intensities in middle and long programs. References Borde R, Hortobágyi T, Granacher U. (2015). Dose-Response Relationships of Resistance Training in Healthy Old Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis, *Sport Med*, 45(12), 1693-1720. Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Ffatarone Singh MA, Minson CT, Nigg CR, Salem GJ, Skinner JS. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc*, 41(7),1510-1530. Martins WR, Safons MP, Bottaro M, Blasczyk JC, Diniz LR, Fonseca RM, Bonini-Rocha AC, Oliveira RJ. (2015). Effects of short term elastic resistance training on muscle mass and strength in untrained older adults: a randomized clinical trial. *BMC Geriatrics*, 12, 15-99. Contact: pedro11gb@gmail.com

THE RELATIONSHIP BETWEEN AMOUNT OF PHYSICAL ACTIVITY AND SLEEP HABITS IN UNIVERSITY STUDENTS

SASAKI, H.1, TAKAHASHI, M.2

1: Hokusho University (Ebetsu, Japan), 2: Japan Health Care College (Megumino, Japan)

Introduction It has been reported that people having some sleep problems is about 13% in Japan (Ministry of Health, Labour and Welfare, Japan, 2011). In addition, people who feel daytime sleepiness were 37.7% in male and 43.0% in female (Ministry of Health, Labour and Welfare, Japan, 2013). However, it has been reported that increased amount of physical activity improved sleep quality (King et al., 1997). On the other hand, it has also been reported that Japanese students had shorter sleep hours than the other countries (Steptoe A et al., 2006). The purpose of this study is to examine the relationship between amount of physical activity and sleep habits in university students. Methods Subjects in this study were 1,741 university students with a mean age of 19.9±1.4 (±SD). We carried out a questionnaire from November to December 2011 and 2012. The questionnaire was composed of personal profiles, Life-style, including physical activity and sleep habits. In this study, it was classified people performing habitual physical activity into three levels by physical activity minutes per week; under 120 minutes (under 120), under 600 minutes (under 600) and over 600 minutes (over 600). Sleep quality was assessed by Japanese version of Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI-J). Lower sleep quality was assessed by using a cutoff total score point of >5.5. Daytime sleepiness also was assessed by Japanese version of Epworth Sleepiness Scale (UESS). Statistical analysis used SPSS ver.21.0. Statistical analysis used by analysis of variance, χ^2 test, Mann-Whitney U-test and correlative analysis and multiple. Results The amount of physical activity divided into four categories, those were non-habitual, under 120, under 600 and over 600 minutes per week. We compared with those four categories for male and female respectively. Compared with four categories, ratio of non-habitual students increased according to grade year rises in male and female. In male, there were significant differences in weight, BMI and points of JESS. The under 120 was lower than the other categories in the points of JESS. The under 120 group had a tendency to later the time of getting up than the other categories. In female, the over 600 was significantly shorter than the other categories in hours to fall asleep. Discussion It became clear that there were differences of male and female in the relationship between amount of physical activity and sleep habits. In female, increased amount of physical activity improved sleep latency, but not improved in male. In male, increased amount of physical activity increased daytime sleepiness because of earlier getting up time in the morning. It was suggested that the amount of physical activity was not necessarily related to sleep quality in university students. Acknowledgment This study was supported by grant from Grants-in Aid for Scientific Research (C), (JSPS KAKENHI Grant Number 23601021), 2011-2013. Contact Please contact to SASAKI Hiroko [hiros22@hokusho-u.ac.jp]

EFFECTS OF GROUP EXERCISE CLASS FOR REGIONAL ELDER PEOPLE HELD AT THE UNIVERSITY ON FUNCTIONAL FITNESS AND HEALTH-RELATED QUALITY OF LIFE

ISHIZAKI, S.1, HAMANO, M.1, UBUKATA, K.1, NEGISHI, T.1, ISHIZAKI, J.2, INAYAMA, T.3, NAITO, H.4

1) Shibaura Institute of Technology, 2) Japan university of health sciences, 3) Tokyo metropolitan university, 4) Juntendo university

Purpose The purpose of this study was to investigate the effect of regional elder people on functional fitness and health-related quality of life (HRQOL) in group exercise classes held at the university. Methods Twenty-nine healthy people (age; 69.0±3.4years, men; n=13, age; 70.2±2.6, female; n=16, age; 68.0±3.6 years) volunteered to participate in this study. Subjects participated in 8-week group exercise class (90min./d, 2times/week, total 16 sessions). This exercise program consisted of 15 min. of warm-up and stretching, 20 min. of resistance exercise, 10 min. of step exercise, 20 min. of endurance-type exercise (walking), 20 min. of ball exercise (recreation), and 5 min. of cooling down. All exercise session was led by trained fitness instructors and supervised by the researchers. After the every exercise session, subjects were recorded Borg scale. Before (pre-) and after (post-) the group exercise classes, the following physical performances were measured; hand grip strength (HG), chair stand (CS), arm curl (AC), sit-up (SU), timed up & go (TUG), sit & reach (SR), back scratch (BS), functional reach (FR), 10-m walking (10-mWK), 10-m obstacle walking (10-mOWK) and 6-min walking (6-MW). In addition, blood pressure, brachial-ankle pulse wave velocity (baPWV), body composition, blood property, and 36-Item Short Form Survey (SF-36) were measured before and after the course. Results Participation rate of the group exercise class was 88.3±8.9%. Borg scale in the exercise class was



J Perform Health Res. 2018. 2(2)

enhancement and maintenance of force production. Most research has examined PAP effects either on evoked contractile properties or strength and power activities. There is scarce research that examines the time course of neuromuscular alterations that occur during middle- to long-distance running. Furthermore, the use of explosive exercises using CLX bands that allow task-specific activities lacks sufficient research.

Purpose: The aim of this study was to characterize the time course of the effects of a PAP conditioning stimulus (CLX explosive squat protocol) on a subsequent 5- × 1-km running trial.

Design: This study used a randomized within-subjects, repeated-measures experimental study design.

Methods: In total, 12 healthy, endurance-trained male athletes completed 2 familiarization and 2 intervention sessions in a randomized order and separated by a minimum of 72 h. The familiarization sessions included a run to volitional exhaustion (VO_2 max) and familiarization of testing, estimation of the individual's 5RM, and testing of evoked contractile properties. The intervention sessions included a running-specific warm-up, the conditioning exercise intervention (4 × 5RM jump squats with CLX bands or no squats), and a 5- × 1-km time trial runs. Tests were conducted immediately prior to the intervention, after each kilometer, immediately following the 5- × 1-km run, and at 7 and 10 min after the 5-km run. These measures included the interpolated twitch technique (ITT) as an estimate of muscle activation, evoked contractile properties (peak twitch torque, rate of force development, half-relaxation time, M-wave), maximum voluntary isometric contractions (MVIC) to determine peak ankle plantar flexor force, force produced in the first 100 ms (F100), 30-cm drop jump (height, contact time, and reactive strength index), rate of perceived exertion (RPE), and heart rate.

Statistical Analysis: A repeated-measures, within-subjects ANOVA (2 conditions × 8 times) was used.

Result: The CLX jump squat condition yielded a 3.6% reduction in the aggregate time to complete the 5 km ($P = 0.05$, $d = 0.55$, 3% ↑). Greater MVC forces were evident with the squat stimulus compared with control at 10 min post run as compared with pretest. In addition, only the squat condition showed significantly higher MVC force for the squat condition at 4 km ($d = 0.29$, $P = 0.034$, 8% ↑) and 10 min post run ($d = 0.36$, $P = 0.036$, 9.5% ↑) compared with pretest. %VA was significantly greater when comparing squat stimulus with control at 7 min post run ($P = 0.05$, $d = 0.54$, 10% ↑) and 10 min post run ($P = 0.05$, $d = 0.53$, 11.5% ↑) compared with pretest. Temporal effects were apparent, with the squat condition revealing lower TPT at 3 km ($P = 0.061$, $d = 0.5$, 5% ↓) and 10 min post run ($P = 0.032$, $d = 0.6$, 5% ↓) versus

control. Similarly, there was a near-significant main effect for condition ($P = 0.07$, $d = 0.51$) with lower potentiated TPT in the squat condition. Participants showed significantly increased drop jump height in the squat condition during 2 km ($d = 0.47$, $P = 0.015$, 9% ↑), 3 ($d = 0.42$, $P = 0.05$, 8% ↑), and 4 ($d = 0.51$, $P = 0.011$, 8.5% ↑) as compared with the control.

Discussion: The CLX jump squat induced PAP, improving the time to complete 5 km with associated improvements in force, muscle activation, temporal characteristics, and jump height.

Clinical Interpretations: CLX are portable and efficient devices that can be used before competitions to improve running performance.

Effects of multicomponent and power training programs using elastic devices on motor function, body composition, and metabolic, bone and inflammatory profile in older adults

J.C. Colado,^{1,2} P. Gargallo,¹ A. Jueas,¹ S. Torkamaneh,² E. Tamayo,² J.F. Guzmán,¹ J. Fernández-Garrido,¹ and G.T. Sáez^{1,3}

¹Research Group in Prevention and Health in Exercise and Sport, University of Valencia, Spain

²Research Unit in Sport and Health, University of Valencia, Spain

³Service of Clinical Analysis, Hospital Universitario Doctor Peset-FISABIO, University of Valencia, Valencia, Spain

Background: It is needed to understand what type of training strategy can be the most effective for contributing to a healthier, active, and more independent elderly population. Nowadays, there are novel types of training interventions and devices, but only little is known regarding whether these can provoke positive benefits in this target population. Concretely, no evidence has examined the effectiveness of high-speed resistance training and multicomponent training in older adults in respect of not only physical function but also bone, immunity, and metabolic status. Developing an understanding these novel training strategies can ultimately provide a viable alternative to traditional modes of exercise training for a broader range of participants.

Purpose: The purpose of this paper was to investigate the effects of a high-speed resistance training and multicomponent training program with variable

857

Board #91 May 29 3:30 PM - 5:00 PM

Multicomponent, Power, And Resistance Training With Elastic Resistance: Effects On Physical Function In Older Women

Michael E. Rogers, FACSM¹, Pedro Gargallo², Álvaro Juegas², Eva Tamayo², Sara Torikamanech², J.F. Guzman², J. Fernández-Garrido², Guillermo Saez², Nicole L. Rogers¹, Juan C. Colado². ¹Wichita State University, Wichita, KS. ²University of Valencia, Valencia, Spain.
 Email: michael.rogers@wichita.edu

(No relationships reported)

For older adults, the maintenance of muscle power and balance is a key factor in everyday task performance. Understanding the effects of emerging training modalities such as power training (PT) and multicomponent training (MT) compared to traditional resistance training (TRT) is of benefit to this age group.

PURPOSE: To investigate the effects of 20-weeks of PT, MT, and TRT using variable resistance (elastic bands with loops) on physical function in older women (OW).

METHODS: 136 sedentary OW (68.09 ± 4.78 yr) were randomized into PT (n=34), MT (n=34), TRT (n=34), and control groups (CG) (n=34). All exercise groups trained twice weekly for 20 weeks. PT performed 6 exercises, 3-4 sets of 10-12 repetitions, at a 4 rate of perceived exertion (RPE) in the first repetition and no more than 6 in the last. MT performed balance, muscular endurance (2 exercises, 3-4 sets of 15 repetitions at 7-9 RPE), aerobic, flexibility, and coordination exercises. The TRT performed 6 exercises, 3-4 sets of 6 repetitions at 7-9 RPE. Variables analyzed were static balance (Romberg), agility (Up & Go), gait speed (4m), muscle strength (30-s chair stand), and aerobic capacity (6-minute walk test). Trial (2) by group (4) repeated measures ANOVA was used to determine differences regarding time and groups.

RESULTS: MT showed significant improvements ($p < 0.05$; +56.8%) in static balance with significant differences between TRT and CG. PT showed significant improvements in all variables except static balance, with significant differences between MT and CG in muscle strength (PT: +29.20%; MT: +21.14%; CG: -2.69%), being the group with greatest improvements in 3 of 5 variables (agility: -14.26%; gait speed: -13.83%; muscle strength: +29.20%). PT, MT, and TRT showed significant improvements over time and between CG in agility, gait speed and aerobic capacity. No significant changes were observed for the CG.

CONCLUSIONS: The three interventions are effective in improving physical function in OW, although the PT program induces greater adaptations in lower limb muscle strength, gait speed, and agility, while MT had a larger influence on balance. The use of elastic bands with loops (CLX bands) can facilitate the application of these types of programs.



V CONGRESO INTERNACIONAL OPTIMIZACIÓN DEL ENTRENAMIENTO Y READAPTACIÓN FÍSICO-DEPORTIVA

Certificado de Comunicaciones

- Autor 1: Pedro Gargallo Bayo
- Autor 2: Guillermo Sáez Tormo
- Autor 3: Álvaro Jueas Torres
- Autor 4: Jorge Flández Valderrama
- Autor 5: Juan Carlos Colado Sánchez

Han expuesto su comunicación "Comparison effects of Multi-component, Power and Traditional resistance training with elastic bands on strength in older men" en el " V Congreso Internacional en Optimización del Entrenamiento y Readaptación Físico-Deportiva", celebrado los días 29 y 30 de mayo de 2020 por el Grupo Dogesport y la Fundación San Pablo Andalucía C&U.

Por lo que se expide el presente certificado a fecha de 8 de junio de 2020

Francisco Javier Muñoz Cintado
F-do. Presidente del Comité Organizador
Grupo Dogesport



María Luisa Ríos Camacho
F-do. Directora del Instituto de Posgrado
Fundación San Pablo Andalucía C&U



V CONGRESO INTERNACIONAL OPTIMIZACIÓN DEL ENTRENAMIENTO Y READAPTACIÓN FÍSICO-DEPORTIVA

Certificado de Comunicaciones

- Autor 1: Pedro Gargallo Bayo
- Autor 2: Guillermo Sáez Tormo
- Autor 3: Julio Fernández Garrido

- Autor 4: Álvaro Jueas Torres
- Autor 5: Juan Carlos Colado Sánchez

Han expuesto su comunicación "Differential effects of Multi-component, Power and Traditional resistance training on balance and gait speed in older men" en el "V Congreso Internacional en Optimización del Entrenamiento y Readaptación Físico-Deportiva", celebrado los días 29 y 30 de mayo de 2020 por el Grupo Dogesport y la Fundación San Pablo Andalucía CEU.

Por lo que se expide el presente certificado a fecha de 8 de junio de 2020

Francisco Javier Muñoz Cintado
Fdo. Presidente del Comité Organizador
Grupo Dogesport



María Luisa Ríos Camecho
Fdo. Directora del Instituto de Posgrado
Fundación San Pablo Andalucía CEU



Instituto de Posgrado
Fundación San Pablo Andalucía

CONGRESO INTERNACIONAL

24, 25 y 26 Enero 2020
Jornadas teórico prácticas de alto nivel

Alto Rendimiento, Salud y Ejercicio Físico



VALENCIA 2020



CERTIFICADO DE COMUNICACIÓN

VALENCIA 27 DE ENERO, 2020

Pedro Gargallo Bayo

Ha presentado el Trabajo de Investigación con el

Título:
IMPROVEMENT OF MUSCLE QUALITY IN OLDER WOMEN
WITH DIFFERENT EXERCISE INTERVENTIONS

*En Coautoría Con: Alvaro Juesas, Jorge Flández
Jose Casaña, Guillermo Saez, Juan C. Colado.*

en el 6º Congreso Internacional de Readaptación y Prevención de Lesiones en la Actividad Física y el Deporte y 4º Congreso Internacional de Salud y Ejercicio Físico, con 18h de duración, celebrado en Valencia durante los días 24, 25 y 26 de Enero de 2020.

Para que conste a los efectos oportunos y a petición de la persona interesada, firmo el presente certificado.



JUAN ÁNGEL MAÑAS MARTÍNEZ
PRESIDENTE
DEL CONGRESO

 **NSCA® SPAIN**
NATIONAL STRENGTH AND
CONDITIONING ASSOCIATION
NSCA SPAIN CONCEDE 2.0 CEU

COI-ENE20-200

ORGANIZADO POR


JAM SPORTS
Integral Sports Training

JOSÉ CASAÑA GRANELL
PRESIDENTE
DEL COMITÉ CIENTÍFICO

NSCA CEU
APPROVED

**CON
GRE
SO** INTER
NACIONAL

24, 25 y 26 Enero 2020

*Jornadas teórico prácticas
de alto nivel*

Alto Rendimiento, Salud
y Ejercicio Físico



VALENCIA
2020



CERTIFICADO DE COMUNICACIÓN

VALENCIA 27 DE ENERO, 2020

Pedro Gargallo Bayo

Ha presentado el Trabajo de Investigación con el

Título:

WHICH TRAINING MODALITIES ARE MOST EFFECTIVE FOR IMPROVING GAIT SPEED AND BALANCE IN OLDER WOMEN. A 5-MONTH RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL.

*En Coautoría Con : Álvaro Juesas, Jorge Flández,
José Casaña, Guillermo Saez, Juan C. Colado.*

en el 6º Congreso Internacional de Readaptación y Prevención de Lesiones en la Actividad Física y el Deporte y 4º Congreso Internacional de Salud y Ejercicio Físico, con 18h de duración, celebrado en Valencia durante los días 24, 25 y 26 de Enero de 2020.

Para que conste a los efectos oportunos y a petición de la persona interesada, firmo el presente certificado.



Juan Ángel

JUAN ÁNGEL MAÑAS MARTÍNEZ
PRESIDENTE
DEL CONGRESO



NSCA SPAIN CONCEDE 2.0 CEU

COI-ENE20-200

ORGANIZADO POR

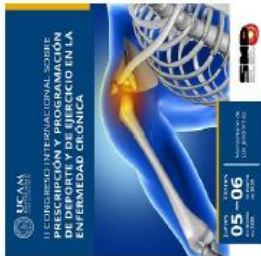


JAM SPORTS
Integral Sports Training

José Casaña

JOSÉ CASAÑA GRANELL
PRESIDENTE
DEL COMITÉ CIENTÍFICO

NSCA CEU
APPROVED



Gargallo P, Jueasas A, Sáez G, Guzmán JF, Flández J, Colado JC.

HAN PRESENTADO LA COMUNICACIÓN ORAL TITULADA
Effects of multi-component, power and traditional resistance training on cardiovascular risk in older men
EN EL II CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE PRESCRIPCIÓN Y PROGRAMACIÓN
DE DEPORTE Y DE EJERCICIO EN LA ENFERMEDAD CRÓNICA

CON UNA DURACIÓN DE 1,5 CRÉDITOS ECTS

Realizado en Murcia el 05 y 06 de marzo de 2020

Por la Cátedra Internacional de Medicina del Deporte de la Universidad Católica San Antonio de Murcia

Dr. D. Pedro Manonelles Marqueta
Presidente del Comité Organizador



José Alarcón Teruel
Secretario general de la UCAM