

UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

Facultat de Fisioteràpia



TESIS DOCTORAL

Asociación entre la flexoextensión del tobillo y el control postural del adulto mayor. Efectos de la terapia manual aplicada para su tratamiento y recuperación

PRESENTADA POR:

D. David Hernández Guillén

DIRIGIDA POR:

Dr. D. José María Blasco Igual

PROGRAMA OFICIAL DE DOCTORADO

Procesos de Envejecimiento: Estrategias Sociosanitarias

Junio de 2019

Dr. D. José María Blasco Igual Profesor Contratado Doctor de la Facultat de Fisioteràpia de la Universitat de València.

Dra. Dña. Celedonia Igual Camacho, Profesora Titular de Universidad de la Facultat de Fisioteràpia de la Universitat de València.

Certifican:

Que la presente tesis, titulada “*Asociación entre la flexoextensión del tobillo y el control postural del adulto mayor. Efectos de la terapia manual aplicada para su tratamiento y recuperación*”, ha sido realizada por D. David Hernández Guillén, bajo su dirección y tutela académica, en el marco del Programa de Doctorado en Procesos de Envejecimiento: Estrategias Sociosanitarias, del Departament de Fisioteràpia de la Universitat de València, para optar al grado de Doctor. Habiéndose concluido y reuniendo a su juicio las condiciones de originalidad y rigor científico necesarias, autorizan su presentación para su defensa ante el tribunal correspondiente.

Y para que conste, expiden y firman la presente certificación, en Valencia, junio de 2019.

Fdo. Dr. D. José María Blasco Igual, director,

Fdo. Dra. Dña. Celedonia Igual Camacho, tutora,

Quien no sabe lo que busca,
no entiende lo que encuentra.

Claude Bernard

Agradecimientos

A mi director, el Dr. D. José María Blasco Igual, por la paciencia mostrada y su gran dedicación. Gracias por tantos consejos e ideas que has compartido conmigo durante todo este tiempo, ya fuera en horas de trabajo o tomando café. No hubiera sido posible sin tu ayuda.

A mi tutora, la Dra. Dña. Celedonia Igual Camacho, por sus reflexiones, comentarios y sugerencias que han hecho más fácil el desarrollo de la tesis.

A mis compañeros y compañeras de docencia, en especial a Kathy Tolsada, Elena Costa e Irene Borja, por vuestra ayuda y entendimiento que me ha permitido compaginar la investigación con mi responsabilidad docente y profesional.

A Carlos Martínez, al Dr. Sergio Roig, a Alejandro Sanoguera y a Lucía Maset, vuestra colaboración durante el estudio ha hecho que este proceso fuera más liviano.

A mi compañera de profesión, Inés Sáez Muñoz, por aguantar con tanta paciencia cada uno de los trastornos ocasionados en la clínica durante estos últimos años.

A mis padres y suegros ya que, sin su ayuda y cariño, no hubiera podido conseguirlo.

A mi mujer, Mónica, por creer en mi y estar a mi lado durante todo este tiempo. Has sido la luz que me ha guiado durante este largo camino. Gracias por ser mi apoyo, a partir de ahora yo lo seré para ti.

Y a mis hijas, Dalia y Carla, mis dos soles, vosotras sois las que me habéis dado la fuerza necesaria para completar este proyecto. Gracias por vuestro amor incondicional, por vuestra infinita comprensión y por las horas que os he robado a fin de realizarlo.

Resumen

Introducción: La literatura resalta la importancia de la movilidad articular del tobillo en flexoextensión para garantizar el control postural y reducir el riesgo de caídas del adulto mayor. Sin embargo, el grado de asociación entre estos factores, y el estudio exhaustivo de terapias que recuperen posibles limitaciones, permanecen poco estudiado.

Objetivos: Comprobar el grado de asociación existente entre el rango articular en flexoextensión del tobillo y el control postural del adulto mayor. Asimismo, estudiar si la terapia manual puede considerarse un tratamiento efectivo para mejorar sus capacidades, ya sea aplicándola de manera individual o como elemento potenciador.

Metodología: Un total de 112 participantes (89 mujeres; edad media 75,3 años). Se desarrollaron cuatro estudios de investigación: uno observacional, que analizó la relación entre el rango articular del tobillo, el control postural y las caídas; un estudio experimental, que a su vez analizó dos aspectos: comprobar si mejorar la movilidad del tobillo en flexoextensión mediante terapia manual tiene efectos positivos sobre el control postural, y determinar la dosis necesaria para mejorar el rango articular; por último, otro estudio experimental que investigó los efectos sobre el equilibrio producidos por una intervención multimodal que combinó terapia manual y ejercicio.

Resultados: Los resultados sugieren que existe una asociación alta entre el rango articular del tobillo, y el equilibrio dinámico, la estabilidad, el equilibrio estático monopodal y la preocupación a sufrir una caída. Por otra parte, restaurar el rango articular del tobillo con terapia manual, mejora el control postural del adulto mayor de manera global, excepto para el equilibrio estático. Asimismo, se halló que una sesión de terapia manual mejora el rango articular del tobillo de manera significativa. Finalmente se comprobó que la aplicación de terapia manual sobre el tobillo y el pie no potencia los efectos del ejercicio convencional para mejorar el equilibrio del adulto mayor.

Conclusiones: Tras analizar los resultados se confirma que una limitación en el rango articular del tobillo se acompaña de un peor control postural y, consecuentemente, un mayor riesgo de sufrir una caída en el adulto mayor. A su vez, que la terapia manual es efectiva para mejorar el control postural de esta población.

Abstract

Introduction: The literature highlights the importance of the ankle range of motion in flexoextension to maintain postural control and reduce risk of falls in older adults. However, the degree of association between such aspects, and the comprehensive appraisal of those therapies that are able to recover possible limitations, remain understudied.

Objectives: To determine the degree of association between the ankle range of motion and postural control in older adults. In addition, assessing whether manual therapy may be considered as an effective treatment to improve balance abilities in older adults, either as an isolated intervention or an enhancing intervention.

Methodology: A total of 112 participants (89 women, aged 75.3 years). Four research studies were developed: one observational, which analyzed the relationship between the ankle range of motion, postural control and falls; an experimental study, which in turn analyzed two aspects: assessing whether improving ankle mobility with manual therapy had positive effects on postural control, and determining the dose needed to improve the range of motion. Finally, an additional experimental study that investigated the effects on balance produced by a multimodal intervention that combined manual therapy and conventional balance exercises.

Results: The results suggest a high association between the ankle range of motion, and dynamic balance, stability, monopodal static balance and fall concerns. On the other hand, restoring the ankle range of motion with manual therapy improve older adults postural control in overall terms, except for static balance abilities. Likewise, it was found that a single manual therapy session improves the ankle range of motion in a statistically significant way. Finally, manual therapy does not enhance the effects of a conventional exercise program oriented to improve balance in older adults.

Conclusions: Limitations in ankle range of motion associates with worse postural control and, consequently, a greater risk of suffering a fall in older adults. In addition, manual therapy is an effective approach to improve the postural control of this population.

Índice

TÍTULO	I
AGRADECIMIENTOS	VII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	XI
ÍNDICE	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XVII
ÍNDICE DE TABLAS	XIX
LISTA DE ACRÓNIMOS	XXI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO CONTEXTUAL	5
2.1. INTRODUCCIÓN.....	5
2.2. EL TOBILLO.....	5
2.2.1. <i>Recuerdo anatómico de la articulación del tobillo</i>	6
Estructuras óseas del tobillo.....	7
Ligamentos de la articulación del tobillo.....	8
Musculatura de la articulación del tobillo.....	9
2.2.2. <i>Análisis biomecánico de la articulación del tobillo</i>	10
Cinemática del tobillo.....	10
Cinética del tobillo.....	14
2.2.3. <i>Envejecimiento de la articulación del tobillo</i>	16
2.3. EQUILIBRIO Y CONTROL POSTURAL.....	18
2.3.1. <i>Definición de equilibrio y conceptos</i>	18
2.3.2. <i>Funcionamiento del equilibrio</i>	19
Equilibrio físico.....	20
Equilibrio fisiológico.....	21
2.3.3. <i>El control postural</i>	22
Estrategias de movimiento en el control postural.....	23

Restricciones biomecánicas en el control postural	25
2.3.4 <i>Envejecimiento y equilibrio</i>	26
El control postural en el envejecimiento	27
Las caídas en el adulto mayor	28
2.4. TRATAMIENTO DE LA LIMITACIÓN DE MOVILIDAD DEL TOBILLO: LA TERAPIA MANUAL.....	29
2.4.1. <i>Maniobras dentro de la terapia manual</i>	30
2.4.2. <i>La terapia manual aplicada en la articulación del tobillo</i>	32
2.4.3. <i>Antecedentes</i>	33
3. JUSTIFICACIÓN, HIPÓTESIS, OBJETIVOS	41
3.1. JUSTIFICACIÓN.....	41
3.2. HIPÓTESIS.....	44
3.3. OBJETIVOS.....	45
4. MATERIAL Y MÉTODOS	47
4.1. INTRODUCCIÓN	47
4.2. DISEÑO DEL ESTUDIO	47
4.3. ASPECTOS ÉTICOS DEL ESTUDIO	50
4.4. PARTICIPANTES.....	51
4.5. TAMAÑO DE LA MUESTRA	52
4.6. ALEATORIZACIÓN	52
4.7. CEGAMIENTO	53
4.8. INTERVENCIONES	53
4.8.1. <i>Estudio de intervención</i>	53
Grupo experimental	54
4.8.2. <i>Estudio multimodal</i>	55
Programa de ejercicio convencional para mejorar el equilibrio del adulto mayor ..	55
4.9. VARIABLES	58
4.9.1. <i>Priorización de variables</i>	58
4.9.2. <i>Descripción de las variables del estudio y metodología de medición</i>	58
Variables de rango articular.....	59
Variables de equilibrio.....	63
Variables de caídas.....	68
4.10. MÉTODOS ESTADÍSTICOS Y ANÁLISIS DE LOS DATOS	70
4.10.1. <i>Bases de datos</i>	70
4.10.2. <i>Detección y análisis de los datos atípicos</i>	70

4.10.3. Normalidad de las variables del estudio.....	70
4.10.4. Análisis descriptivo.....	71
4.10.5. Análisis inferencial.....	71
Estudio de asociación.....	71
Estudio de intervención: efectos de la terapia manual sobre el equilibrio.....	73
Estudio de intervención: dosis-respuesta de la terapia manual.....	74
Estudio multimodal.....	75
4.10.6. Análisis complementarios.....	76
4.11. TRATAMIENTO BIBLIOGRÁFICO.....	76
5. RESULTADOS.....	77
5.1. INTRODUCCIÓN.....	77
5.2. RESULTADOS Y ESTIMACIÓN DE LAS FASES DEL ESTUDIO.....	77
5.2.1. Estudio de asociación.....	77
Relación entre la movilidad del tobillo y el control postural.....	79
Movilidad del tobillo y riesgo de caídas.....	86
5.2.2. Estudio de intervención.....	88
Flujo de participantes y valores descriptivos.....	88
A. Efectos de la terapia manual en el equilibrio.....	90
B. Estudio de intervención: dosis-respuesta de la terapia manual.....	94
5.2.3. Estudio multimodal.....	97
Flujo de participantes y valores descriptivos.....	98
Efectos de la terapia manual como elemento potenciador del ejercicio.....	98
6. DISCUSIÓN.....	103
6.1. INTRODUCCIÓN.....	103
6.2. DISCUSIÓN.....	103
6.2.1. Relación entre el rango articular del tobillo y el control postural.....	104
Rango articular del tobillo como predictor de caídas.....	106
6.2.2. Importancia de la terapia manual en el control postural del adulto mayor.....	107
Efectos de la terapia manual sobre el rango articular.....	109
Efectos de la terapia manual sobre el control postural.....	110
Efecto de la terapia manual sobre las caídas.....	112
6.2.3. Dosis-respuesta de la terapia manual en la movilidad de tobillo.....	113
Efectos de una sesión.....	113

Efectos acumulados del tratamiento	114
Efectos a corto y medio plazo	114
6.2.4. <i>Propuesta multimodal</i>	115
6.3. CONSIDERACIONES GENERALES Y SÍNTESIS DE RESULTADOS	118
6.4. FORTALEZAS, IMPACTO CLÍNICO Y APLICABILIDAD	119
6.5. LIMITACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	121
7. CONCLUSIONES	123
8. BIBLIOGRAFÍA.....	125
9. ANEXOS.....	137

Índice de figuras

Figura 2-1. Diferentes estrategias según la edad.....	28
Figura 2-2. Grados de movimiento según Maitland.....	31
Figura 2-3. Diagrama de flujo revisión sistemática	35
Figura 2-4. Resultados del meta-análisis: variables de equilibrio.....	38
Figura 2-5. Resultados del meta-análisis: variables de rango articular	39
Figura 4-1. Movilización anteroposterior del astrágalo	54
Figura 4-2. Protocolo funcional en grupo.....	56
Figura 5-1. Diagrama de flujo de la Fase Observacional	78
Figura 5-2. Correlación alta entre las variables A-ROM carga y TUG Test.....	81
Figura 5-3. Correlación alta entre las variables A-ROM carga y FR Test.....	81
Figura 5-4. Correlación alta entre las variables A-ROM carga y FES-I	82
Figura 5-5. Correlación moderada entre las variables A-ROM carga y OSLB Test	82
Figura 5-6. Correlación moderada entre las variables A-ROM descarga y OSLB Test	83
Figura 5-7. Correlación moderada entre las variables A-ROM descarga y TUG Test .	83
Figura 5-8. Correlación moderada entre variables A-ROM carga y A-ROM descarga	84
Figura 5-9. Diagrama de flujo del estudio de intervención	89
Figura 5-10. Gráfica de la evolución en términos absolutos de las variables que presentan diferencias significativas comparando grupo control con grupo experimental	91
Figura 5-11. Evolución de la dorsiflexión de tobillo en carga según tiempos de medida.	97
Figura 5-12. Diagrama de flujo de participantes del estudio multimodal	99
Figura 5-13. Comparación de los efectos del grupo de entrenamiento de equilibrio contra el grupo al que se le añadió la terapia manual.....	102

Índice de tablas

Tabla 4-1. Características del estudio.....	47
Tabla 4-2. Toma de medidas estudio de asociación.....	49
Tabla 4-3. Toma de medidas: efectos de la terapia manual sobre el equilibrio.....	49
Tabla 4-4. Toma de medidas: dosis-respuesta de la terapia manual.....	49
Tabla 4-5. Toma de medidas estudio multimodal.....	50
Tabla 4-6. Priorización de variables del estudio de asociación.....	59
Tabla 4-7. Priorización estudio de intervención: efecto de la terapia manual sobre el control postural.....	60
Tabla 4-8. Priorización estudio de intervención: dosis-respuesta de la terapia manual.....	60
Tabla 4-9. Priorización de variables del estudio multimodal.....	61
Tabla 5-1. Datos descriptivos Fase Observacional.....	79
Tabla 5-2. Relación entre el rango articular y las medidas de equilibrio y caídas.....	80
Tabla 5-3. Razón de probabilidad entre las variables y el rango articular.....	85
Tabla 5-4. Predicción del riesgo de caídas debido a limitación del rango articular.....	87
Tabla 5-5. Descriptivos del estudio de intervención.....	90
Tabla 5-6. Efectos de la terapia manual sobre el equilibrio.....	92
Tabla 5-7. Dosis-respuesta de la terapia manual: análisis intragrupo.....	95
Tabla 5-8. Dosis-respuesta de la terapia manual: análisis entre grupos.....	96
Tabla 5-9. Características de la muestra en la línea base.....	100
Tabla 5-10. Comparación de los efectos del BT vs BT + FAM.....	101

Lista de acrónimos

A-ROM	Active Range of Movement
BBS	Berg Balance Scale
CdG	Centro de Gravedad
EE	Entrenamiento de Equilibrio
IC	Intervalo de Confianza
FES-I	Falls Efficacy Scale-International
LB	Línea Base
LR	Lateral Reach / Alcance Funcional Lateral
FR	Functional Reach / Alcance Funcional Frontal
OA	Ojos Abiertos
OC	Ojos Cerrados
OR	Odds Ratio
OSLB	Once Stance Leg Balance
ROM	Range Of Movement
TM	Terapia Manual
TUG	Timed “Up and Go”

1. Introducción

Desde los inicios de la humanidad, el pie ha evolucionado funcionalmente a fin de conseguir una postura bípeda y liberar las extremidades superiores para realizar tareas que requieran mayor habilidad. Para ello, han sido necesarios una serie de cambios morfológicos y anatómicos,¹ que en el caso de la extremidad inferior obligaron a crear nuevas estrategias de control postural que permitieran mantener el equilibrio sobre una base de sustentación más pequeña.^{2,3}

Esto cobra mayor importancia en el adulto mayor, ya que el envejecimiento se acompaña de una degeneración fisiológica que afecta en mayor o menor medida a los diferentes sistemas encargados de mantener el equilibrio, como el sistema visual, el vestibular o el musculoesquelético.⁴ A su vez, la pérdida de equilibrio repercute en la capacidad del adulto mayor para realizar de manera segura las actividades de la vida diaria.^{2,5}

A nivel biomecánico, el tobillo y el pie son elementos clave en el control postural.^{2,5-7} El pie define el área del cuerpo que contacta con la superficie de apoyo. El tobillo es la articulación más distal con movilidad en los tres ejes, y el organismo realiza muchos de los movimientos necesarios para mantener el equilibrio a través del mismo. El movimiento que el cuerpo realiza sobre el tobillo es oscilatorio y dibuja en el espacio la forma de un cono invertido cuando se proyecta verticalmente desde el suelo, con el ápex centrado en esta articulación.^{2,8} Por tanto, se trata de una zona que presenta gran vulnerabilidad, debido principalmente a que todo el peso del cuerpo pasa de manera íntegra a través del tobillo. Esto exige de una exquisita función estabilizadora ante cualquier posición que tome el pie durante el movimiento del cuerpo.⁸

El rango de movimiento articular es uno de los elementos funcionales que más se ve afectado según el cuerpo envejece. En el caso del tobillo, la limitación se da principalmente en el movimiento de flexoextensión.⁹ Esto suele ser debido a alteraciones en las propiedades biomecánicas y los cambios que se producen en la

morfología de la estructura articular y/o periarticular.⁴ Esta limitación influye en la realización de movimientos y estrategias compensadoras en las articulaciones vecinas para cumplir su función en el control postural, principalmente en la rodilla y cadera o tronco.^{10,11,2,9,12,13} Además, la limitación de la movilidad del tobillo suele ser una característica que está presente en aquellas personas que tienden a sufrir caídas, que, como es sabido, son un importante problema de salud pública, sobre todo en la población adulta mayor debido a la alta tasa de mortalidad y morbilidad.¹⁴⁻¹⁶ Entre todos los movimientos del tobillo, se observa que la limitación articular en flexoextensión, es una alteración que necesita tenerse en consideración, debido tanto a su relación con el control postural como con las caídas del adulto mayor.

Desde la fisioterapia, son muchas las herramientas que existen para mejorar el equilibrio o para recuperar la artrocinemática articular, como por ejemplo el entrenamiento específico de propiocepción y fuerza, o la terapia manual, respectivamente.^{17,18} Precisamente, esta última ha sido utilizada en ocasiones para tratar la limitación articular del tobillo.¹⁹⁻²⁴ Algunos estudios sugieren que es posible cuantificar la relación existente entre el rango articular del tobillo en flexoextensión y el control postural del adulto mayor. Y más aún, que el control postural puede verse influenciado por la terapia manual al mejorar el rango articular del tobillo.^{9,18,25}

Pese a ello, la investigación orientada al adulto mayor es todavía escasa. Por este motivo, resulta interesante determinar y cuantificar a qué nivel el rango articular del tobillo y el control postural pueden tener una relación directa. Asimismo, es necesario resolver si aumentar el rango articular en flexoextensión con terapia manual, puede afectar de manera positiva al control postural del adulto mayor. Otros aspectos todavía por resolver son la determinación de la dosis, o el número de sesiones óptimo, necesarios para conseguir una mejoría en el rango articular de un tobillo limitado. Por último, teniendo en cuenta que el equilibrio es un mecanismo multifactorial, al respecto la bibliografía parece sugerir que restaurar la funcionalidad del tobillo tiene la capacidad de influir sobre el control postural. Sin embargo, es necesario dilucidar si la terapia manual podría ser una aproximación efectiva a emplear como elemento potenciador de entrenamientos específicamente orientados a mejorar el equilibrio, habida cuenta que gran parte de esta población presenta limitación articular, y que,

como se ha mencionado, ésta podría asociarse directamente con las habilidades de equilibrio.

El planteamiento de estas y otras cuestiones orienta el desarrollo de la presente tesis doctoral, que busca demostrar la posible importancia clínica que tiene el rango de movimiento del tobillo en el control postural del adulto mayor.

2. Marco contextual

2.1. Introducción

En este capítulo se expone y desarrolla el marco contextual de la presente tesis doctoral. Debido a que se busca comprobar la relación entre la movilidad en flexoextensión del tobillo y el control postural del adulto mayor, así como los efectos que la terapia manual tiene sobre ambos, es conveniente introducir y desarrollar cada uno de estos puntos de manera previa para poner en antecedentes al lector y justificar la investigación. En un primer momento se realiza un breve abordaje de la articulación del tobillo desde el punto de vista anatómico y biomecánico, exponiendo los principales cambios que sufre la articulación cuando el cuerpo envejece. En segundo lugar, se expone cómo funciona el equilibrio, describiendo sus múltiples conceptos, los diferentes componentes que forman el control postural, los cambios que aparecen secundarios al paso del tiempo, y la posible relación que existe entre el tobillo y el control postural. Posteriormente, se procede a explicar una posible solución fisioterápica para restaurar la artrocinemática del tobillo mediante la terapia manual, exponiendo cuáles son las técnicas que más comúnmente se utilizan y qué efectos puede tener su aplicación sobre el tobillo. En último lugar, se presenta una revisión sistemática con meta-análisis que nos pone en antecedentes de lo existente en la literatura sobre la terapia manual y sus efectos en la artrocinemática articular del tobillo y el control postural.

2.2. El tobillo

El tobillo es una articulación que se encuentra entre la pierna y el pie. Desempeña una doble función: la primera, actuar como una bisagra permitiendo la movilidad entre ambos segmentos, y la segunda, transmitir y distribuir las fuerzas que llegan desde el cuerpo y desde la superficie de apoyo.⁸ Presenta relaciones mecánicas distales de manera pasiva con el mediopié y el antepié, a través del contacto articular y los

ligamentos, y de manera activa gracias a los tendones que pasan por ella. Proximalmente no existen relaciones mecánicas directas con la rodilla, aunque sí de manera funcional con la articulación tibioperonea superior, cuya afectación puede interferir en el funcionamiento de la articulación tibioperoneoastragalina.^{26,27}

El tobillo se considera una articulación muy estable debido a sus ligamentos y a la congruencia ósea que presenta. Esta es debida a la forma de muesca que tiene la cúpula articular que forman la tibia y el peroné, la cual da cabida al astrágalo. Esta forma específica hace que la articulación tibioperoneoastragalina desarrolle principalmente un movimiento de flexoextensión en el plano sagital, necesitando de la articulación subastragalina para conseguir el resto de movimientos.^{26,28} Más allá de esta articulación, las movibilidades están diversificadas entre múltiples articulaciones del mediopié y el antepié.⁸

2.2.1. Recuerdo anatómico de la articulación del tobillo

Anatómicamente el tobillo corresponde a la zona estrechada del cuello del pie, la cual se considera una zona cervical o circular situada en la parte más distal del cuerpo. La articulación tibioperoneoastragalina está formada por el pilón tibial, el maléolo interno y el astrágalo, por un lado, y la articulación tibioperonea inferior por el otro. En su conjunto se considera una articulación tipo gínglimo o trocleartrosis, o sea, una articulación con un solo grado de libertad. Inferiormente el astrágalo limita con el calcáneo formando la articulación subastragalina, y por delante con los huesos del tarso. Debido a sus múltiples articulaciones, en ocasiones se conoce a su conjunto como articulación periastragalina.^{1,8,28} A continuación, se presenta una breve descripción de los elementos óseos, ligamentosos y musculares que forman el tobillo.

Estructuras óseas del tobillo

La articulación del tobillo la forman principalmente tres huesos: la tibia, el peroné y el astrágalo:

- La *tibia* es uno de los huesos largos de la extremidad inferior que limita por abajo con el tobillo y por arriba con la rodilla. La tibia prolonga el eje de la pierna, el cual es oblicuo alrededor de 3° hacia adentro en relación con la vertical, y presenta una torsión lateral entre 20° y 30°, que supone una oblicuidad bimaleolar hacia fuera y atrás. En su parte interior se encuentra el maléolo medial, el cual es más alto y ventral que el lateral. En su parte posterior, presenta un borde denominado tercer maléolo de Destot, que desciende más caudalmente que el borde anterior. La superficie articular distal es de alrededor de unos 10 centímetros cuadrados, de forma cóncava de delante hacia atrás y desarrolla un arco de alrededor de 70°. ^{8,29}
- El *peroné* es un hueso largo que se articula en su tercio proximal con la tibia, y de manera distal con la tibia y astrágalo. Su epífisis distal forma el maléolo lateral del tobillo, más bajo y posterior que el medial. Presenta dos relaciones articulares en su segmento distal: su mitad superior forma una sindesmosis con la tibia; y su mitad inferior articula con el astrágalo contactándolo lateralmente ayudándolo, junto con el maléolo medial, en la distribución de tensiones. Su epífisis proximal interviene indirectamente con el tobillo, facilitando su movimiento. ^{1,8}
- El *astrágalo* es un hueso del tarso situado en la zona más posterior y superior. Es un hueso macizo, denso y mal vascularizado, debido a su fijación en la pinza maleolar. Tiene forma de cono incompleto o pirámide, aunque presente alta variabilidad entre sujetos. Las dos terceras partes de su superficie están ocupadas por superficies articulares, siendo un hueso que no presenta inserciones musculares. Su cara superior, que responde al pilón tibial, es fuertemente convexa sagitalmente con un arco de unos 140°-150°. Su cara medial es reducida, plana con forma elíptica, mientras que la lateral tiene forma triangular o circular. La cresta transversal del cuello, en donde inserta la cápsula articular, es uno de los elementos que limitan la flexión dorsal máxima. En su cara inferior, articula con el calcáneo de manera diferente en su parte posterior

con una superficie cóncava y en su parte anterior de manera algo más compleja.^{1,8,30,31}

Ligamentos de la articulación del tobillo.

Los ligamentos participan en la estabilidad del tobillo limitando el movimiento excesivo. Se describen principalmente tres complejos ligamentosos responsables de esta función, además de la cápsula articular, que son el ligamento lateral externo, el interno y la sindesmosis tibioperonea inferior:

- El *ligamento lateral externo* está constituido por tres fascículos: uno anterior, el ligamento peroneo astragalino anterior, que va desde más arriba del vértice del maléolo al astrágalo, y se encarga de estabilizar el tobillo en el plano anteroposterior, sobre todo entre los 10° y 20° de flexión plantar; un fascículo medio, conocido como ligamento peroneo calcáneo, se fija en la cara externa del calcáneo con un ángulo de 45° con el eje del peroné, y se encarga de estabilizar los movimientos en varo de la articulación; y un fascículo posterior, el ligamento peroneo astragalino posterior, que se fija en el tubérculo postero-externo del astrágalo, que ayuda a estabilizar la articulación durante la dorsiflexión.^{1,32}
- El *ligamento lateral interno* o deltoideo consta de dos planos, uno superficial y otro profundo. El plano superficial está formado por tres fascículos: uno anterior que se dirige hacia la parte interna del cuello del astrágalo y se confunde con las fibras del ligamento calcáneo escafoideo plantar; uno medio que llega al *sustentaculum tali* del calcáneo; y otro posterior que se dirige a la cara interna del astrágalo y a su tubérculo interno. Las fibras profundas, más cortas y gruesas que las superficiales, se fijan en la parte no articular de la cara interna del astrágalo.¹
- Por último, también participan en la estabilidad del tobillo los ligamentos de la articulación tibio peronea inferior, formados por la *sindesmosis anterior* y *posterior tibioperonea* y ayudados por la membrana interósea. La elevación y separación del peroné someten a estos elementos a una tensión que fomenta la estabilidad de la articulación.¹

Musculatura de la articulación del tobillo

El tobillo no presenta inserciones musculares directas, debido a que es una articulación de paso, aunque son múltiples los músculos que influyen en los movimientos del tobillo. Esta musculatura se puede dividir entre extrínseca e intrínseca. Los músculos extrínsecos son aquellos que se encargan del movimiento del tobillo y el pie, pero tienen la inserción proximal en la pierna y distal en el pie, realizando principalmente la flexión dorsal, plantar, inversión y eversión del pie, a través del tobillo. La musculatura intrínseca se inserta en el propio pie, y se encargan de los movimientos de los dedos.^{1,8}

La mayoría de la movilidad del tobillo y el pie se realiza gracias a un total de doce músculos extrínsecos. Estos se agrupan dentro de cuatro compartimentos. El anterior lo forman cuatro músculos: el tibial anterior, el extensor largo de los dedos, el extensor largo del primer dedo y el peroneo anterior; el tibial anterior y el extensor largo del primer dedo intervienen en la dorsiflexión e inversión del pie, el peroneo anterior en la dorsiflexión y eversión y el extensor largo de los dedos en la dorsiflexión del mismo. El compartimento lateral está compuesto por dos músculos: el peroneo largo y el peroneo corto que realizan flexión plantar y eversión del pie. El compartimento posterior lo forman tres músculos: los gemelos, el sóleo y el plantar delgado que contribuyen a la flexión plantar del pie. Por último, el compartimento posterior profundo está compuesto por tres músculos: el tibial posterior, el flexor largo de los dedos y el flexor largo del primer dedo que intervienen en la flexión plantar e inversión del pie.³³

Además de la función de movilidad, los músculos crean fuerzas de compresión sobre la articulación cuando se activan, aumentando la estabilidad articular del tobillo. Aunque esta función se reduce principalmente a los músculos retromaleolares, los cuales son los únicos que presentan una función de sustentación. Por último, no hay que olvidar el papel propioceptivo del sistema musculotendinoso dentro de la estabilización del tobillo que completa, e incluso en algunos casos suplementa, a los sistemas propioceptivos pasivos.⁸

2.2.2. Análisis biomecánico de la articulación del tobillo

Para entender la articulación del tobillo, es necesario profundizar en la biomecánica de la articulación, para poder conocer de manera precisa su función y la patogénesis de sus alteraciones.³⁴ No hay que olvidar que la estabilidad corporal depende de un correcto funcionamiento a nivel biomecánico. Por lo que, es tan importante que haya una buena movilidad articular, como que la fuerza muscular sea adecuada y capaz de reaccionar a tiempo.¹¹ El estudio de la biomecánica del tobillo se debe abordar desde dos perspectivas físicas distintas: la cinemática y la cinética.

Cinemática del tobillo

Hay tres rangos de movilidad articular que podemos distinguir de manera general:

- 1) El movimiento completo en una articulación en todo su rango se conoce como rango articular máximo.
- 2) Por otro lado, el rango funcional o rango de movimiento útil, es el que el cuerpo utiliza para las actividades cotidianas, y siempre se desarrolla dentro de los límites del rango de movilidad máximo.²⁶
- 3) Por último, se considera como movilidad normal, la combinación de rotación y traslación en los planos sagital, coronal y axial, que envuelven fuerzas dinámicas provenientes del músculo.^{28,35}

El movimiento de la articulación del tobillo se desarrolla de manera diferente según sea para la flexión plantar/dorsal o para la inversión/eversión. La geometría articular, además de contribuir a su estabilidad, es la principal responsable de la cinemática de la movilidad articular del tobillo. Para la flexión plantar y dorsal es la articulación tibioperoneoastragalina la principal responsable, junto a un movimiento marginal de la articulación subastragalina; por otro lado, para la inversión-eversión, participan las dos articulaciones también, aunque la mayoría del movimiento se desarrolla en la articulación subastragalina.^{1,8} Durante la marcha, la articulación tibioperoneoastragalina, gracias a la flexión dorsal y plantar, participa en el desplazamiento anterior; mientras que la articulación subastragalina se encarga de

liberar, a través de la inversión y eversión, la parte inferior de la pierna en el plano frontal. La combinación de movimientos de ambas articulaciones son las responsables de conseguir o lograr la libertad de movimientos del tobillo en los tres planos del espacio.^{26,28}

Con el fin de realizar un diagnóstico y proceder a un tratamiento de la articulación del tobillo, es necesario conocer los valores normales de movimiento del rango articular de este, sin olvidar que estos valores pueden variar entre y ante ciertas situaciones en el desarrollo de sus actividades funcionales.²⁶

Ejes de movilidad del tobillo

La articulación tibioperoneoastragalina es una zona de cambio de eje y se considera la última zona con movilidad relacionada con el segmento vertical del miembro inferior.⁸ El eje transcurre de un polo a otro de ambos maléolos, y se encuentra en un ángulo ligeramente oblicuo, de unos 10° aproximadamente con el plano coronal y de unos 6° con el transversal, debido a que el maléolo lateral se encuentra posterior e inferior con respecto al medial.³⁰ Aunque este eje favorece los movimientos de pronación y supinación, al ser tan pequeño el ángulo, la articulación tibioperoneoastragalina principalmente realiza la flexoextensión por el eje sagital.²⁸ Este eje no suele permanecer estático debido a dos factores: el primero que durante la dorsiflexión aparece una ligera separación entre los maléolos lo cual afecta a su dirección, y segundo, que el astrágalo sufre desplazamientos dentro de la articulación, a posterior en la dorsiflexión y viceversa, lo cual también varía su eje de movilidad.^{28,33,36}

Rango de movimiento articular del tobillo

El movimiento de flexoextensión se puede dividir en flexión dorsal y plantar, teniendo esta última el doble de movilidad que la primera.²⁶ No obstante, no existe consenso para establecer datos normativos, ni para su movilidad completa ni sus componentes:

- Kleipool & Blankevoort,²⁶ cuantifican el movimiento articular máximo, desde la dorsiflexión a la plantiflexión máximas en el plano sagital sobre los $57^\circ \pm 10^\circ$.
- Marrero & Rull,¹ consideran que la amplitud total se encuentra entre $70^\circ - 80^\circ$.
- Por otro lado, Pescatello et al.³⁷ cuantifican este rango entre los 59° y los 79° .
- Por último, Brockett & Chapman,³³ plantean un movimiento total entre los 65° y los 75° , acotando entre 10° y 20° de dorsiflexión y unos $40^\circ - 55^\circ$ de flexión plantar.

Desde una aproximación más analítica, podemos afirmar que la movilidad del tobillo se cuantifica desde una posición neutra a 90° en una flexión dorsal de $27^\circ \pm 7.5^\circ$ y en una flexión plantar de $34.3^\circ \pm 12.6^\circ$, según Marrero & Rull;¹ o entre $10^\circ - 20^\circ$ para la dorsiflexión y de $65^\circ - 75^\circ$ para la flexión plantar, según Brockett & Chapman.³³ Esta variabilidad puede ser debida a que, según la metodología utilizada o el punto de referencia que se tome, los valores pueden variar de manera considerable. Por ejemplo, medir la dorsiflexión tomando como referencia la tuberosidad del navicular supone un valor normal aproximado de unos 20° , siendo este uno de los valores más aceptados. Sin embargo, si se mide desde el primer metatarsiano, su valor aumenta hasta los 22° . Por otro lado, si esta se realiza de manera pasiva en vez de activa, movilizándolo desde las cabezas de los metatarsianos, este movimiento aumenta hasta los 27° sobre el navicular y los 32° en la cabeza del metatarsiano.⁸

Todos estos movimientos están acompañados de otros en los planos transversal y frontal. Por ejemplo, la flexión plantar se acompaña de: una rotación interna de aproximadamente 1° , un movimiento asociado de varo en el retropié, y un desplazamiento anterior del astrágalo; mientras que durante la flexión dorsal aparece: una rotación externa de unos $2,5^\circ$, un ligero varo o valgo en el retropié según la situación, y un desplazamiento hacia posterior del astrágalo.^{1,26,35,38}

La gran mayoría de la movilidad del tobillo se consigue gracias a la articulación tibioperoneoastragalina y la subastragalina, aunque parte de esta se realiza en las articulaciones del pie. Cuando el tobillo realiza una flexión plantar de 30° , entre un 10% y un 41% de este movimiento es responsabilidad de las articulaciones más caudales del pie. La participación del tarso en el movimiento de flexoextensión aparece principalmente durante los movimientos extremos. Por ejemplo, al realizar la flexión

plantar máxima, el pie produce un abombamiento sobre su bóveda, aumentando así el rango total. De manera inversa, durante la flexión dorsal máxima ahonda su bóveda con el mismo fin.^{1,28}

Movilidad funcional del tobillo

El tobillo no necesita de su rango de movimiento completo para desarrollar una función normal durante las actividades diarias. Funcionalmente el tobillo sólo necesita unos 30° de rotación global, con un mínimo de 10° de dorsiflexión para la deambulacion.³⁹ Durante la marcha, la máxima dorsiflexión ocurre durante la fase de apoyo, mientras que la máxima flexión plantar se da en la fase de despegue de dedos. Al caminar a un ritmo normal, el movimiento del tobillo usa de promedio 10,2° de dorsiflexión y 14,2° de flexión plantar, para un total de aproximadamente unos 25°. Si se analiza el movimiento según las fases del ciclo de la marcha, desde el contacto inicial hasta la respuesta de la carga, el tobillo manifiesta una flexión plantar, extendiendo a un apoyo máximo de 7° cuando el pie baja a la superficie de apoyo; durante el apoyo intermedio, el tobillo presenta un movimiento de dorsiflexión hasta un máximo de 15° cuando gira hacia anterior y medialmente sobre el pie que sirve de apoyo; en la fase de apoyo final y el prebalanceo o preoscilación, el tobillo presenta una flexión plantar de casi 15° cuando se transfiere el peso del cuerpo a la extremidad contralateral; por último, un instante después de que la punta del pie deje la superficie de contacto, el tobillo exhibe rápidamente una dorsiflexión hasta la posición neutra para lograr subir los dedos. A partir de aquí, el tobillo puede presentar flexión plantar leve durante la oscilación final como preparación para el contacto inicial. Durante este ciclo, la articulación subastragalina cumple una función de absorción o transmisión de las rotaciones del cuerpo con respecto al pie.^{28,40} Estos valores pueden variar según el tipo de superficie, o la velocidad de la marcha.^{5,8}

Para otras actividades diarias, este rango funcional suele variar. Por ejemplo, levantarse de una silla requiere al menos 22° de dorsiflexión; descender escaleras hace que el tobillo necesite de mayor flexión dorsal cuanto más alto sea el escalón, al igual que al subir por un plano inclinado; el gesto de realizar cuclillas requiere de la flexión dorsal de tobillo máxima, cerca de unos 32°; por último, para conducir un vehículo de motor, se necesitan al menos 20° de flexión dorsal y algo más de 20° de plantar.^{1,5,8,34}

Cinética del tobillo

El tobillo es una de las articulaciones de la extremidad inferior que sufre de mayores fuerzas durante los desplazamientos. Por lo tanto, parece necesario estudiar cómo soporta la aplicación de fuerzas para comprender su funcionamiento cinético.²⁸

La magnitud de carga que sufre el complejo articular del tobillo está determinada por la actividad muscular y el peso corporal, pudiendo este valor aumentar varias veces en ciertas fases de la marcha.²⁶ Debido a ello, el tobillo necesita de ingenios anatómicos y mecánicos que le permitan aguantar las fuerzas a las que es sometido durante toda la vida del individuo. Uno de los objetivos del cuerpo humano es el de disminuir las tensiones sufridas en esta articulación mediante una correcta economía de movimientos.⁸ Para conseguirlo, existen una serie de mecanismos:

- La acción descompresiva de la musculatura retromaleolar del tobillo, debido a que su contracción los convierte en sustentadores del esqueleto de la pierna.
- La acción de amortiguación en las tensiones de repetición de los segmentos sub y suprayacentes, dando lugar al concepto de suavidad al andar.
- Por último, el tobillo intenta conseguir que la carga sea soportada con la mayor superficie posible en cada momento con el fin de que la presión sea la menor posible.^{8,28}

La recepción de las fuerzas se transmite a través de la tróclea del astrágalo, distribuyéndolas de manera escalonada entre el antepié y el retropié. Un factor que influye sobre la capacidad de amortiguación es la posición del tobillo en el momento de la recepción que consigue la máxima superficie de contacto en posición neutra, reduciéndose si realiza la flexión dorsal o plantar. Por tanto, es primordial que el tobillo pueda desarrollar una buena artrocinemática articular en todas sus estructuras, con el fin de evitar tensiones excesivas.^{8,28}

Tensiones estáticas del tobillo

Las tensiones estáticas que sufre el tobillo suelen ser de dos tipos: las que provienen del apoyo del pie sobre la superficie que inciden directamente sobre el cuerpo del astrágalo; y las que provienen de la contracción muscular, generadas por los retromaleolares principalmente.

Desde el punto de vista estático, hay que pensar que el tobillo tiene un área de superficie relativamente amplia, de 11 a 13 centímetros cuadrados, y como resultado tiene capacidad de absorber grandes cargas.⁴¹ Esta carga se distribuye mayoritariamente sobre la cúpula del astrágalo (77% - 90%), y el resto hacia su cara interna y externa.⁴² El movimiento del tobillo hace que esta distribución de la carga varíe sobre el astrágalo según su posición.²⁸ Por ejemplo, al mover desde una flexión plantar a dorsal, el centro de gravedad del área de contacto se desplaza de posterior a anterior variando así las fuerzas de compresión según se desarrolla el movimiento.^{28,42}

Tensiones dinámicas del tobillo

El tobillo sufre también tensiones dinámicas debido a las acciones durante el movimiento.^{8,26} En la marcha se dan diferentes tipos de tensiones, como son las de recepción, propulsión y repetición, las cuales son recibidas por los elementos de amortiguación sub y suprayacentes. Durante la fase de recepción, las fuerzas se van a dividir en los tres ejes del espacio: uno vertical, que implica la tendencia del choque; otro horizontal, que representa la tendencia al deslizamiento anterior; y el último lateral, debido a la tendencia al deslizamiento en esta dirección. El más importante se corresponde con las tensiones que transcurren en el componente vertical, sobre todo en el momento de contacto del talón con el suelo.⁸

Desde el punto de vista de la dinámica, la fuerza de cizallamiento alcanza valores máximos de 0,8 veces el peso corporal durante la elevación del talón, mientras que las fuerzas de compresión llegan a ser de hasta cuatro veces este peso. Es importante conocer también que estas fuerzas varían dependiendo de la velocidad del paso y la repetición. Durante la marcha rápida llegan a haber dos puntos de presión máxima que

alcanzan de tres a cinco veces el peso corporal. Sin embargo, durante la carrera se alcanzan fuerzas mucho mayores, llegando a ser de incluso de diez a trece veces el peso del cuerpo.^{28,43} Durante la fase de propulsión de la marcha, las tensiones sobre la articulación del tobillo en cambio son mínimas, debido a que únicamente se ha de relajar la musculatura de la pantorrilla para iniciar la marcha. No pasa lo mismo si la salida es rápida, donde el tobillo pasa a una flexión plantar pronunciada con una contracción violenta e intensa de los músculos extensores del tobillo, apareciendo un importante componente coaptador con tensiones mucho mayores a la marcha normal.

En otras situaciones como en la recepción de un salto, suele aparecer una fuerte contracción excéntrica en la musculatura extensora, aumentando de manera considerable las tensiones sobre el tobillo, incidiendo sobre todo en la parte posterosuperior de la tróclea del astrágalo. Si estas tensiones llegan a ser muy grandes, se corre el peligro de que aparezca un choque articular, lo que podría conllevar un trauma articular más o menos importante y consecuentemente una lesión.⁸

Por último, hay que incidir sobre el concepto de repetición, debido a que en la vida diaria la marcha se utiliza en infinidad de actividades. Las tensiones en estas situaciones, aunque débiles, se repiten miles de veces. Aquí aparece el fenómeno de fatiga, que da cierta importancia a la presencia del fallo mínimo; éste tiene el riesgo de pasar desapercibido y, a la larga, puede ser causante de algún tipo de lesión en la articulación si se sobrepasa su nivel de resistencia.^{8,28}

2.2.3. Envejecimiento de la articulación del tobillo

Envejecer supone cambios, ya sea en el ámbito social como en el físico.⁵ Entre estos últimos, la pérdida de funcionalidad es de las más afectadas, sobre todo a partir los 70 años de edad, y acentuándose durante las dos siguientes décadas.⁴ Estos cambios van a incidir de manera significativa en la extremidad inferior. Es común que aparezcan determinados problemas en el tobillo y en el pie, como pueden ser el pie plano, el hallux valgus, disminución de la sensibilidad plantar, de rango articular y de fuerza.^{12,44,45} Estos factores pueden incidir de manera negativa sobre la habilidad funcional de la

persona mayor, debido a aspectos tales como el dolor o la alteración de la mecánica normal.

Ahora bien, de entre las posibles restricciones derivadas del envejecimiento, la disminución del rango articular afecta en gran medida en el tobillo.^{4,21} Se desconoce cuál es la causa, pero se han identificado mecanismos potenciales como la presencia de patologías ortopédicas o como la artritis, que pueden favorecer la aparición de restricción en la movilidad articular;¹¹ otros mecanismos incluyen la pérdida de fuerza y elasticidad de la musculatura de los miembros inferiores, muy importante en el caso de los gemelos por su tendencia a perder elasticidad y acortarse,^{9,14,21} así como la alteración de la morfología de las estructuras articulares secundaria a la edad.^{4,46} Estos cambios en la articulación se deben a la reducción del contenido de agua en el cartílago, del volumen del líquido sinovial y a una alteración de los proteoglicanos. Debido a ello, las fibras de colágeno en el cartílago articular están sometidas a un proceso de reticulación, resultando en un incremento de la rigidez del cartílago y el rango de movimiento de la articulación del tobillo se puede ver reducido.^{9,47}

Esta disminución del rango articular del tobillo se presenta tanto para la dorsiflexión, como para el resto de movimientos.^{9,48} Se ha observado que la dorsiflexión y la flexión plantar del tobillo, o la inversión-eversión subastragalina, presentan un rango articular entre un 12% y un 30% menor en las personas mayores con respecto a sujetos más jóvenes.⁴⁷ Esto se acentúa con los años, lo que se puede comprobar si se analiza la evolución contrastando este rango de movimiento por grupos de edad, p.ej. entre 60 - 69 años se presenta una dorsiflexión de $20,6^\circ \pm 4,6^\circ$ y una plantiflexión de $41,6^\circ \pm 7,1^\circ$, mientras que en el grupo de edad entre 70 - 79 años, la dorsiflexión media es de $18,5^\circ \pm 4,8^\circ$ y la flexión plantar de $40,5^\circ \pm 5,9^\circ$.⁴⁹

Se ha cuantificado que esta pérdida suele ser mayor en las mujeres, posiblemente debido a que cuando son jóvenes presentan un mayor rango articular que los hombres.^{9,39,50} La dorsiflexión del tobillo media en los hombres pasa de $20,0^\circ$ en el adulto a $13,5^\circ$ en el adulto mayor, mientras que en las mujeres pasa de $20,7^\circ$ a $10,1^\circ$. Las diferencias entre sexos implica que el rango de movilidad es cerca de 8° menor en dorsiflexión y sobre 8° mayor en flexión plantar para mujeres comparado con los hombres en el grupo de adultos mayores.^{49,51}

2.3. Equilibrio y control postural

El equilibrio se considera un proceso complejo en el cual un individuo mantiene una postura particular que responde a estímulos externos experimentados durante los movimientos voluntarios.⁵² Es necesario para mantener la posición erguida durante la bipedestación y permitir la correcta ejecución de las actividades de la vida diaria.⁴⁸

2.3.1. Definición de equilibrio y conceptos

Algunos conceptos relacionados con el equilibrio van a ser recurrentes, y cabe clarificarlos de manera previa antes de abordar su funcionamiento.

- El *equilibrio* se define como la habilidad para mantener el centro de gravedad dentro de la base de sustentación y su capacidad de que este no salga fuera de esa base mientras esté en movimiento.⁵³ Se considera como equilibrio el conjunto de acciones utilizadas para mantener la postura, facilitar movimientos o incluso restaurar el propio equilibrio.^{54,55}
- El *centro de gravedad* de un cuerpo es el punto respecto al cual las fuerzas de la gravedad producen un momento resultante nulo.^{8,56} La *línea de gravedad* es aquella línea que atraviesa verticalmente el centro de gravedad con respecto a la superficie de atracción. Por su parte, la *base de sustentación* se define como el área de superficie delimitada por los extremos de los segmentos apoyados en la superficie de soporte.^{1,56}
- El *equilibrio estático* se define como la habilidad para mantener el centro de gravedad dentro de la base de sustentación permaneciendo el cuerpo en su posición original y sin modificar esta. Mientras que el *dinámico* es la capacidad de mantener el equilibrio mientras el cuerpo está en movimiento o cambia de posición en el espacio.⁵³ Aunque se puede asumir cierta asociación entre ambos, no es del todo cierto, debido a que el equilibrio es una habilidad específica ante situaciones diversas.^{57,58}
- Se entiende por *control postural* a la habilidad de mantener el equilibrio bajo los efectos del campo gravitacional, manteniendo o controlando el centro de gravedad dentro de su base de sustentación. Se considera una habilidad compleja

basada en la interacción de procesos dinámicos sensorimotores.² Este concepto se desarrolla en profundidad en el apartado 2.3.3.

- La *estabilidad* se define como la habilidad para mantener la posición erecta en bipedestación, la cual depende de la localización del centro de gravedad en relación con la base de soporte y es inversa a la altura del centro de gravedad.¹ Los *límites de estabilidad* son los límites del área sobre la que el centro de gravedad puede ser movida de manera segura en la mayoría de situaciones, siendo el movimiento de la línea de gravedad dentro del área de sustentación quien determine estos límites.⁵⁹ Durante la bipedestación este movimiento define la forma de un cono invertido en el espacio, cuyo ápex es el tobillo. La forma que describe se encuentra representada en el sistema nervioso central, que la utiliza para reaccionar en cada situación.² El tamaño de estos límites depende de factores como la biomecánica del cuerpo, las características del entorno y la postura. Estos límites no son fijos, ya que pueden verse afectados o reducidos debido a patologías neurales u ortopédicas, o incluso por el miedo o preocupación a sufrir una caída. En el caso de que el centro de gravedad se acerque o supere estos límites el cuerpo debe realizar acciones correctivas de manera más activa. Estas acciones se conocen como *estrategias de movimiento*, una serie de movimientos posturales compensatorios cuyo fin es recuperar el equilibrio de la manera más efectiva.^{1,59}

2.3.2. Funcionamiento del equilibrio

Para poder mantener el equilibrio es necesario conseguir una serie de objetivos funcionales:

- Primero, mantener un alineamiento postural específico, para realizar acciones como sentarse o levantarse.
- Segundo, facilitar el movimiento voluntario con el fin de realizar movimientos de transición entre posturas.
- Por último, ejecutar reacciones que recuperen el equilibrio ante estímulos externos o perturbaciones como resbalones o empujones.⁵⁴

Para poder explicar su funcionamiento, hay que comprender que el término equilibrio puede ser entendido desde dos perspectivas diferentes, una desde el punto de vista de la física, y otra desde un punto de vista fisiológico en el cuerpo humano. Curiosamente, en castellano no existe diferenciación entre los dos conceptos, y es el término equilibrio el que se utiliza indistintamente. Sin embargo, en la literatura inglesa esta diferenciación es latente: *equilibrium* se utiliza para definir al equilibrio físico, y *balance* para el fisiológico. A continuación, se explican ambos conceptos con más detalle.

Equilibrio físico

Ya sea para permanecer en estática y en posición inestable (p.ej. en bipedestación) o para hacer movimientos con el fin de realizar una acción o desplazarse, el cuerpo se encuentra sometido a la acción de la gravedad, y necesita de mecanismos físicos para mantener el equilibrio.⁵⁶

Como se ha comentado anteriormente, el centro de gravedad representa el punto de equilibrio del cuerpo; en el ser humano se encuentra justo por delante de la segunda vértebra sacra, siendo algo inferior en las mujeres. Por este pasa la línea de gravedad, que discurre en sentido vertical con respecto a la superficie, y va unos tres centímetros por delante de la articulación del tobillo en un plano sagital. Para permanecer en equilibrio, alrededor de este, la suma de los momentos generados por el peso de los diferentes segmentos corporales debe ser igual a cero.⁵⁶ Otra condición necesaria es que la línea de gravedad permanezca dentro de la base de sustentación.⁵⁶ En la postura ortostática, los pies funcionan como una pequeña base de soporte para el cuerpo, cuya área se define por la misma superficie de los pies y el espacio que se encuentra entre ellos.^{26,56}

Con el fin de mantener el equilibrio, el cuerpo realiza una serie de compensaciones. Su número está relacionado en cierta manera con el área de la base de sustentación, cuanto menor es la base, mayor inestabilidad, más difícil es mantener el equilibrio, y mayor es el número de compensaciones necesarias para equilibrar el centro de gravedad.¹ Estas compensaciones son aún mayores cuando el cuerpo inicia el movimiento. En ese momento, el centro de gravedad puede llegar a acercarse o incluso

sobrepasar los límites de la base de sustentación. Los movimientos ocasionan desequilibrios que, normalmente, se pueden utilizar para iniciarlos. Una vez iniciado, serán necesarias acciones compensatorias continuas con el fin de mantener un estado de equilibrio dinámico.⁵⁴

Permanecer en condición de equilibrio físico (*equilibrium*) adecuadas, implica que el sistema musculoesquelético se encuentre en condiciones para cumplir su función de informar al sistema nervioso central, como de reaccionar a las órdenes superiores.²³

Equilibrio fisiológico

Las acciones estabilizadoras que el cuerpo realiza para mantener el equilibrio (*balance*) dependen de una interacción compleja de mecanismos fisiológicos.^{2,60} Principalmente su función es la de captar la información, interpretarla y formular una respuesta apropiada controlando las diferentes sinergias corporales con el fin de mantener la postura.⁵⁴ Estos mecanismos son los siguientes:

- *Aferencias periféricas o receptores sensoriales*: son el conjunto de entradas que recogen información, tanto del exterior como del interior del cuerpo.³⁹ Existen tres tipos de aferencias:
 - Propioceptivas, las cuales están formadas por mecanorreceptores situados a nivel muscular (huso muscular) y a nivel articular (corpúsculos de Ruffini y Paccini), que captan el movimiento, la posición y la tensión musculoesquelética enviando la información a través de los cordones posteriores de la médula;
 - Vestibulares, localizadas en el oído interno, a través de los otolitos, se capta la posición de la cabeza y la aceleración lineal, y a través de los canales semicirculares, la rotación de la cabeza y la aceleración angular;
 - Visuales, a través de los ojos que intervienen en la visión consciente y la percepción automática del movimiento, relacionando las partes del cuerpo entre sí y con el medio.⁶¹ Las tres son complementarias, ante el fallo de alguno de los sistemas, pero es la visión aquella que tiene mayor capacidad de compensar a las otras dos.⁶²

- *Centros integradores del sistema nervioso central*: se encargan de captar la información suministrada por las aferencias periféricas, emitiendo según la información recibida, respuestas reflejas a los músculos posturales para el mantenimiento del equilibrio. Los principales centros son: los ganglios basales y el tronco cerebral, que se encargan de regular los ajustes posturales reaccionales y anticipatorios; los hemisferios cerebrales, que se encargan de la representación corporal y elaboración de la respuesta motora; y el cerebelo, que se encarga de regular el movimiento al nivel de las sinergias musculares.⁶¹
- *Eferencias u órganos motores*: Los efectores motores lo forman el sistema musculoesquelético, que asegura la parte activa del equilibrio. Son los encargados de realizar las respuestas posturales que han sido transmitidas por los impulsos nerviosos, sobre todo en forma de reflejo, y necesitan de una buena integridad para su buen funcionamiento.⁶³

2.3.3. El control postural

El ser humano siempre tiende al equilibrio inestable, debido a que la altura del centro de gravedad es generalmente elevada, y la base de sustentación pequeña, por lo que la fuerza de gravedad ha de ser contrarrestada de manera continua por la energía muscular.¹¹ El control postural no ha de considerarse como una simple sumación de reflejos estáticos, sino es una habilidad compleja que abarca muchos elementos. Sus dos objetivos principales son la orientación y el equilibrio postural:

- La *orientación postural*, implica la alineación activa del tronco y de la cabeza con respecto a la gravedad, las superficies de soporte, al campo visual y a las referencias internas. La información sensitiva que proviene de los sistemas somatosensorial, vestibular y visual es integrada por el organismo; sin embargo, la importancia de la carga relativa de cada uno depende del fin del movimiento o tarea y del contexto ambiental.
- Por otro lado, con el fin de conseguir el *equilibrio postural*, el control postural utiliza estrategias de coordinación de movimiento para estabilizar el centro de gravedad del cuerpo durante los desequilibrios, ya sean autoinducidos, u ocasionados por causas externas. La estrategia específica que utilice el cuerpo en

cada momento, depende principalmente de las características del desplazamiento externo (*feedback*), pero también, de la expectativa individual, de los objetivos de la acción y de la experiencia previa (*feedforward*). Esto da lugar a ajustes posturales anticipados, previos al movimiento, que sirven para mantener la estabilidad postural al compensar las fuerzas que van a desestabilizar al cuerpo con el movimiento del mismo miembro.^{1,2,59,64}

Horak,² propone que son seis los recursos cuya suma forman el sistema de control postural:

- 1) Las estrategias sensitivas debido a la integración sensorial de los diferentes sistemas aferentes.
- 2) La orientación en el espacio gracias a la percepción, la gravedad, el tipo de superficies, la visión y la verticalidad.
- 3) El control dinámico del paso y previo a la acción, a través de movimientos del tronco y extremidades con el fin de mantener el equilibrio.
- 4) El procesamiento cognitivo, gracias a la atención y al aprendizaje, que comparte los mismos recursos que el control postural y va a tener una mayor exigencia cuanto más complicada sea la acción.
- 5) Las estrategias de movimiento, ya sea reactiva, anticipatoria o voluntaria, con el fin de mantener el equilibrio.
- 6) Y, por último, las restricciones biomecánicas, donde son importantes los grados de libertad, la fuerza y los límites de estabilidad.

Aunque todas ellas son importantes para el control postural, son estas dos últimas, las que muestran mayor relación con nuestro estudio, por lo que son las que se desarrollan con más detalle en los siguientes puntos.

Estrategias de movimiento en el control postural

El uso de cada tipo de estrategia va a depender tanto de factores internos, como la biomecánica del cuerpo y las experiencias previas de cada individuo, como de factores externos, según características del entorno o la tarea a realizar. La posición inicial del

cuerpo es un factor determinante para el uso de las diferentes estrategias, la cual se ve influenciada por la biomecánica articular y las limitaciones neurológicas.^{2,59}

Cambios bruscos en los factores externos, como en el caso de las características de la superficie, afectan el uso normal de las estrategias de movimiento. En estos casos se tiende a usar la misma estrategia en un primer momento hasta que, gradualmente, se tiende a crear una nueva, con el fin de adaptar la más eficiente para el nuevo contexto. El uso de las estrategias es diferente también cuando se tiene que recuperar el equilibrio desde una posición estática o una situación dinámica, debido a que el control de la estabilidad en cada uno es diferente. Es necesario que el cuerpo sepa utilizar de manera correcta las diferentes estrategias de movimiento en ambos rangos.^{11,60}

Son tres las estrategias principales, dos de ellas mantienen los pies en el suelo y la otra cambia la base de soporte a través del paso o del alcance. Para una situación de corrección del balanceo anteroposterior, se encuentran la estrategia de tobillo, la de cadera y la del paso.¹¹

- La *estrategia de tobillo* es la más usada dentro de los patrones de movimiento postural.^{2,11} En esta, el cuerpo se mueve sobre el tobillo como si fuera un péndulo invertido. Suele ser la apropiada para mantener el equilibrio cuando ocurren pequeños balanceos u oscilaciones en bipedestación sobre superficies firmes. El cuerpo moviliza el centro de gravedad, rotándolo alrededor de la articulación del tobillo, con movimientos mínimos de las articulaciones de la rodilla o cadera. Va a consistir en una activación de la musculatura de distal a proximal, con de 20 ms a 40 ms de retraso entre la musculatura del tobillo, muslo y tronco.^{5,11} De media, una persona adulta puede usar la estrategia de tobillo para recuperar hasta 8° de balanceo anterior y 4° de posterior.¹¹ Esta es siempre la primera que utiliza el cuerpo para compensar un desequilibrio.²
- Por otro lado, se encuentra la *estrategia de cadera*, que se usa normalmente en respuesta a perturbaciones más grandes, de mayor velocidad, y cuando la superficie de soporte es menor que la superficie normal de los pies.^{11,45} El cuerpo utiliza las caderas para desplazar el centro de gravedad de manera rápida, y generalmente surge cuando no es posible realizar la estrategia del tobillo, p.ej.

en casos que el movimiento del tobillo se encuentra limitado como al hacerse mayor.

- Por último, la *estrategia del paso* se usa cuando las otras dos estrategias son inadecuadas o insuficientes, usualmente en respuesta a perturbaciones mayores y más rápidas. Se da cuando no es importante mantener los pies en la superficie de apoyo y es necesario recuperar el equilibrio a toda costa, normalmente dando un paso. Tiene un patrón de activación inverso a la estrategia de tobillo, activando la musculatura de proximal a distal.^{2,11}

En el caso de las correcciones para los desplazamientos o balanceos laterales, el cuerpo utiliza las mismas tres estrategias, pasando algo parecido. El cuerpo utiliza la estrategia de tobillo para pequeñas perturbaciones, mientras que, si estas son mayores, utiliza la de cadera, o la del paso si ya no es posible mantener la posición.⁴⁵

Restricciones biomecánicas en el control postural

Como comentó Horak,² la principal restricción biomecánica en el equilibrio es el tamaño y la calidad de la base de soporte: el pie. Cualquier limitación que afecte al tamaño, fuerza, rango de movilidad, dolor o control del pie y el tobillo, puede afectar de manera negativa el control postural.

Para su buen desarrollo, el cuerpo busca mantener el centro de gravedad dentro de los límites de estabilidad pivotando alrededor de la articulación del tobillo.² Cuando aparece algún tipo de restricción biomecánica sobre esta articulación, supone una seria dificultad a la hora del uso normal de las estrategias de movimiento. Ante este tipo de situaciones, el sistema nervioso central busca adaptarse y realizar un uso anómalo de estrategias superiores, incluso en momentos de baja demanda postural, creando en consecuencia patrones anómalos de movimiento.^{2,11}

2.3.4 Envejecimiento y equilibrio

Según el cuerpo envejece, sufre una degeneración fisiológica normal que se traduce en el deterioro de ciertas funciones corporales, como puede ser la vestibular, la visión o la cardiopulmonar. Si a esto le sumamos la pérdida de fuerza y del rango de movilidad articular, supone que la calidad del equilibrio según nos hacemos mayores se vuelve más precaria; a esta cabe añadir sus problemas derivados, como por ejemplo las caídas. Este declive en el equilibrio se acentúa de forma más clara desde poco antes de los 60 años.^{5,54}

La causa de esta pérdida en la calidad del equilibrio suele ser multifactorial: el sistema encargado de la detección de las oscilaciones corporales se vuelve menos eficaz;⁵⁵ lo mismo ocurre con los receptores sensitivos encargados de detectar la posición articular, la sensibilidad táctil y la vibratoria. Además, existe una latencia muscular menor, la representación del cono de estabilidad en el sistema nervioso central suele estar distorsionada, y la presencia de patologías neurológicas u ortopédicas que puedan afectar a la estabilidad postural.⁶⁵ Estos otros factores se traducen en una serie de cambios en el equilibrio del adulto mayor, entre ellos:

- Existe una mayor dificultad en la transición entre el equilibrio estático y el dinámico.
- El balanceo en bipedestación es de mayor amplitud.⁶⁰
- La selección de estrategias de movimientos usadas para mantener el equilibrio se ve afectada.²
- El centro de gravedad se desplaza por un área más limitada de lo normal debido al mayor esfuerzo de compensación secundario a la alteración de los mecanismos posturales.^{4,7}
- Por otra parte, la velocidad de excursión del centro de gravedad es menor dentro de los límites de la base de sustentación, así como el número de oscilaciones que suceden dentro del control postural según se envejece.
- El cono de estabilidad suele ser menor, lo que se traduce en unos límites de estabilidad más pequeños de lo normal.

- Finalmente, la capacidad de realizar la excursión voluntaria máxima se ve reducida, sobre todo en el plano anteroposterior, produciendo una alteración de la estabilidad postural que puede estar relacionada con una limitación del rango articular.⁶⁰

El control postural en el envejecimiento

La función neural decae, reduciendo consecuentemente su capacidad para el control postural.⁵⁹ Igual que en el equilibrio, son varios los factores causantes: la selección defectuosa de la información sensitiva, una mala detección del desequilibrio, una selección defectuosa de las reacciones posturales, una lentitud de la respuesta motora, la disminución de la percepción de los límites de la estabilidad, la debilidad muscular y la disminución de la capacidad de coordinación muscular.^{1,54}

Todos los componentes del control postural descritos por Horak,² se ven afectados por este proceso: las estrategias sensoriales se alteran por la degeneración de los sistemas aferentes; la orientación postural se afecta principalmente por la degeneración vestibular; el control dinámico del paso ve alterado su patrón normal con compensaciones excesivas; y el proceso cognitivo se ve afectado también por el paso del tiempo, mostrando cada vez mayor dificultad para realizar acciones complejas. Ahora bien, son las que afectan a las estrategias de movimiento y a la biomecánica articular las que más nos interesan.

Respecto a la primera de ellas, el uso de *estrategias del movimiento* por parte del cuerpo se altera.^{3,45,59} Debido a que los límites de estabilidad se reducen por causas como la pérdida de la sensibilidad, la aparición de patologías neurológicas u ortopédicas, o incluso el miedo a caer. Esto suele ser común en aquellas personas con mayor riesgo de sufrir una caída.^{2,59} De entre todas las estrategias, el uso de la estrategia de tobillo se reduce frente al uso de las otras dos. Es cada vez más frecuente, que tanto la estrategia de cadera como la del paso, se utilicen para compensar pequeños desequilibrios, debido a la dificultad a la hora de compensarlos con la de tobillo.^{3,45,59,66} Este mecanismo, suele aparecer en aquellas personas que presentan limitación en la movilidad del tobillo, independientemente de la edad (Figura 2-1).⁶⁷

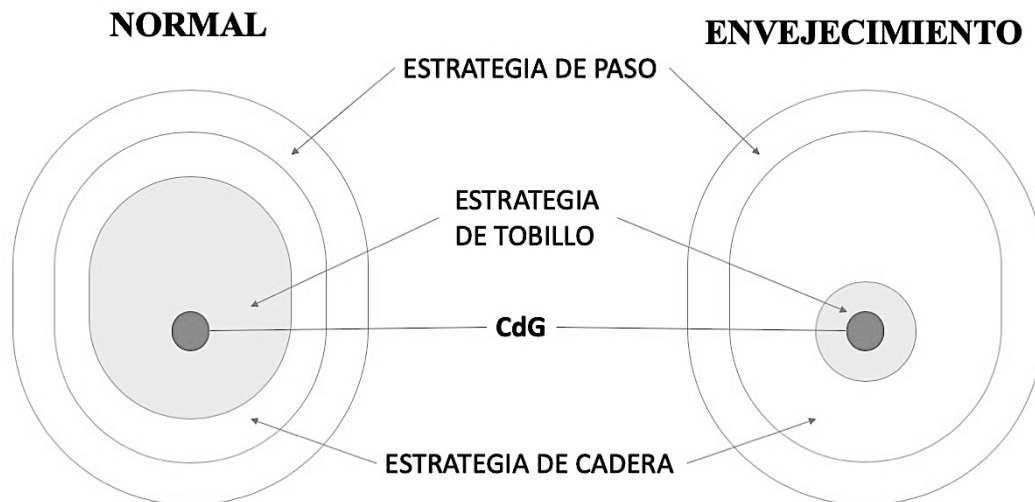


Figura 2-1. Diferentes estrategias según la edad⁵⁹

Con respecto a las *restricciones biomecánicas*, el envejecimiento va acompañado de algunas como la debilidad muscular o las alteraciones del rango articular, que pueden afectar la capacidad del cuerpo para mantener el centro de gravedad dentro de la base de sustentación. Estas alteraciones cuando se producen en las extremidades inferiores, sobre todo en el tobillo, pueden afectar su correcto desarrollo.

Las caídas en el adulto mayor

Los cambios asociados al envejecimiento, contribuyen de manera negativa a aumentar el riesgo de caídas. ⁹ Estos son uno de los problemas más importantes y comunes en la población del adulto mayor, pudiendo resultar en lesiones serias e incluso la muerte. Poco más de un tercio de la población de más de 65 años sufre alguna vez una caída, aunque esta incidencia se incrementa progresivamente en ambos sexos, siendo más significativa a partir de la octava década de vida. Si a esto se añade que cada vez la población vive más años, este dato se convierte en relevante.^{15,59,68}

Son múltiples los factores que influyen en la predisposición a sufrir caídas, aunque entre todos son dos los que sobresalen sobre los demás: el empeoramiento del equilibrio, como se ha comentado anteriormente, y la alteración del paso. Durante la marcha, el adulto mayor que sufre caídas presenta por lo general alteraciones en los grupos musculares flexores y extensores del tobillo y la cadera. En el caso del tobillo, presenta un pico de momento flexor plantar retrasado, mientras que la dorsiflexión ocurre tarde en el ciclo normal del paso. Esto se debe a que existe un desequilibrio entre el tibial anterior, y el sóleo, debido a una menor activación en los dorsiflexores, a diferencia de lo que pasa en la musculatura flexora plantar, en donde se da una contracción continua. Estas alteraciones en la dorsiflexión y del control motor producen un patrón de marcha alterado, conocido como marcha senil, que contribuye en consecuencia a aumentar el riesgo de caídas.^{5,15,50,67-70}

Dentro de estas alteraciones, se encuentra la limitación en el rango de movilidad del tobillo. La literatura sugiere que un menor rango articular aumenta el riesgo de sufrir una caída en el adulto mayor.⁴⁸ Es frecuente encontrar entre los que han sufrido caídas una serie de características entre las que se encuentra esta, entre otras.^{14,71-73} Debido a ello, se ha sugerido que el rango de tobillo puede ser un factor predictor de caídas.^{3,14,15}

2.4. Tratamiento de la limitación de movilidad del tobillo: la terapia manual

Para tratar la limitación del tobillo se encuentra la terapia manual, una técnica de tratamiento mecánico ampliamente utilizada para resolver la limitación de movilidad de diversas articulaciones. Efectivamente, la terapia manual persigue, en gran medida y entre otros efectos, recuperar la artrocinemática normal,^{74,75} concretamente el movimiento fisiológico y accesorio de la articulación, aumentando la extensibilidad de la cápsula y de los tejidos ligamentosos no contráctiles.^{74,76,77} Son múltiples las técnicas, desde manipulaciones de alta velocidad a movilizaciones pasivas o activas. Esto convierte a la terapia manual en una herramienta a tener en consideración para tratar un tobillo con restricción de movilidad.⁷⁸⁻⁸⁰

2.4.1. Maniobras dentro de la terapia manual

Las maniobras utilizadas varían en aspectos como la velocidad e intensidad, pero también en la participación activa o pasiva del paciente. A continuación, se describen tres de las más utilizadas: las movilizaciones articulares, la movilización con movimiento y la manipulación.

Movilizaciones articulares

Este tipo de maniobras descritas por Maitland,⁷⁵ forman parte de un proceso de abordaje de la patología del paciente. Se han descrito dos variantes: 1) los movimientos oscilatorios en la amplitud libre de toda restricción; y 2) las técnicas de compresión articular como componente terapéutico en donde se utilizan movilizaciones y manipulaciones. Las movilizaciones emplean movimientos oscilatorios y estiramientos en el límite de las amplitudes articulares, sin espasmo ni dolor, asociando componentes tanto de compresión como de tracción. Mientras que las manipulaciones, movimientos pasivos de alta velocidad y corta amplitud, se utilizan combinadas con las oscilaciones para ganar amplitud articular y sedar el dolor.

Por otro lado, estas movilizaciones se clasifican según el grado de intensidad con el que se apliquen. Esta gradación se aplica tanto para cuando se realizan movilizaciones con el fin de ganar rango articular, como al buscar actuar sobre el movimiento accesorio de la articulación. Los cuatro grados descritos son los siguientes (ver Figura 2-2):

- Grado I: es un movimiento de escasa amplitud, próximo a la posición inicial del radio.
- Grado II: es un movimiento de gran amplitud, que se extiende bien dentro del radio. Puede alcanzar cualquier parte del radio del movimiento, pero no llega hasta el límite.
- Grado III: también es un movimiento de gran amplitud, que alcanza el límite.
- Grado IV: es un movimiento de poca amplitud, en el límite del radio.

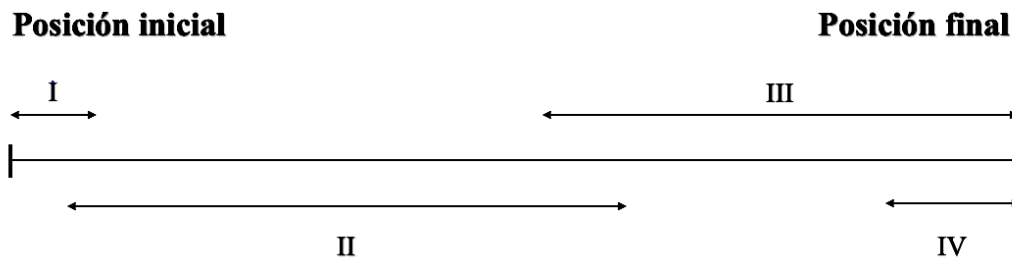


Figura 2-2. Grados de movimiento según Maitland⁷⁵

Movilización con movimiento

La movilización con movimiento, descritas por Mulligan,⁸¹ buscan corregir la alineación de las superficies articulares. Han demostrado ser efectivas y tener diferentes efectos; por ejemplo, aplicada sobre el tobillo se ha utilizado tanto para de reducir el dolor y la hinchazón, como para mejorar la función, la inestabilidad, el control postural, el equilibrio y el rango articular.⁷⁷ Son maniobras que se utilizaron inicialmente en afectaciones musculoesqueléticas en las que la terapia manual tradicional no parecía ser efectiva, como en las epicondilalgias o en la tenosinovitis De Quervain.⁸¹

Se trata de una técnica de terapia manual en la cual se aplica una fuerza manual, normalmente en forma de desplazamiento o corrección articular, sobre un segmento de movimiento y manteniéndolo mientras se realiza una acción por parte del paciente, descrita previamente. Una de las características más importantes de este tipo de maniobras es que los movimientos deben de realizarse sin dolor y sin limitación. La dirección de la fuerza aplicada, en traslación o rotación, suele ser típicamente perpendicular al plano de movimiento, aunque en ocasiones también se aplica paralelamente a este.⁸¹

Manipulaciones de alta velocidad

Las manipulaciones de alta velocidad han sido utilizadas frecuentemente con el fin de tratar patologías cervicales, el dolor lumbar o disfunciones dolorosas en la pelvis.⁸²

La manipulación de alta velocidad se define como el movimiento pasivo que tiende a movilizar los componentes de una articulación o grupo de articulaciones más allá de su rango fisiológico usual, supone un impulso de alta velocidad y baja amplitud.⁸³ Además de los efectos sobre la articulación, se considera que este tipo de técnicas pueden producir efectos neurofisiológicos que tienen la capacidad de producir estímulos tanto al sistema nervioso periférico como al central.^{83,84} Se han descrito también efectos positivos en reducir el dolor y el espasmo muscular.⁸⁵ Aunque se utilizan principalmente sobre la columna, en muchas ocasiones se han aplicado con éxito para tratar diferentes afecciones en otras partes del cuerpo, como por ejemplo en la extremidad inferior.⁷⁹

2.4.2. La terapia manual aplicada en la articulación del tobillo

La limitación de la dorsiflexión del tobillo parece estar relacionada con un desplazamiento anterior del astrágalo y con una menor capacidad de deslizamiento posterior de éste.⁸⁶ La terapia manual aplicada sobre el tobillo con una movilización sobre el astrágalo en sentido anteroposterior ha demostrado ser eficaz para mejorar el rango en dorsiflexión del tobillo.⁸⁷ Existen estudios en los que se ha comprobado la efectividad de este tipo de maniobras, en donde se han registrado mejorías del rango en dorsiflexión de tobillo en carga entre 1,5° y 2° a 4,4° en sujetos sanos, sin que exista un consenso claro en tiempo, intensidad o sesiones.^{19,46,78,87,88}

La técnica produce mejorías en la mencionada movilidad incluso en dosis pequeñas, al incrementar el grado de deslizamiento posterior del astrágalo.^{22,77,87} Adicionalmente, parece que la mejora de la cinética del astrágalo tiene efectos positivos adicionales tales como reducir el dolor, la hinchazón, la inestabilidad, o incluso actuar sobre el tono muscular aumentándolo, entre otros.^{46,77} Por último también se ha descrito que mejorar el rango articular del tobillo puede influir en el control postural del adulto mayor.^{23,24}

2.4.3. Antecedentes

Se realizó una revisión sistemática con el fin de determinar la calidad y validez de la literatura existente, con respecto a los efectos en el control postural de la terapia manual en el tobillo del adulto mayor.

La revisión se llevó acabo siguiendo las directrices establecidas por el estamento PRISMA.⁸⁹ En primer lugar, fue registrada de manera prospectiva en el registro de revisiones sistemáticas de la Universidad de York (Prospero, no. CRD-42017059945).

Las preguntas de revisión que se persiguió resolver fueron:

¿Cuál es el efecto que la terapia manual aplicada sobre el tobillo y el pie produce sobre el equilibrio en el adulto mayor? Concretamente, ¿Cuáles son los efectos en términos de equilibrio dinámico, estático y global? Asimismo, ¿Qué técnicas de terapia manual sobre el tobillo y el pie se utilizan para mejorar el equilibrio?

Se siguió el siguiente protocolo: búsqueda desde el inicio hasta diciembre de 2017. Se incluyeron bases de datos en inglés y español: MEDLINE, Embase, Cochrane Library, PEDro, WOS, Scopus y Scielo fueron las bases de datos consultadas. Las categorías utilizadas para la búsqueda se establecieron según la estrategia PICO,⁹⁰ cuyos componentes fueron relacionados con el índice Booleano AND. Todos los términos de la misma categoría estuvieron relacionados usando el índice Booleano OR. El símbolo * fue usado para añadir todas las derivaciones para cada término. Se puede observar en el Anexo 1 la estrategia de búsqueda usada en MEDLINE (Pubmed). No se limitó la búsqueda por localización geográfica del estudio. Se siguió la estrategia PICO⁹⁰ como criterio de elegibilidad: (P) sujetos de más de 60 años; (I) intervención que incluyera movilización articular directa sobre el tobillo mediante terapia manual; (C) grupo experimental y si fuera posible uno control; (O) variables que midan los efectos sobre el rango articular y equilibrio (estático o dinámico). Adicionalmente, los estudios fueron (1) randomized controlled trials, “observatory trials” or “cross-over trials”, (2) en los que la intervención primaria fuera la terapia manual basada en la movilización articular directa sobre el tobillo, (3) enfocados a personas de 60 años o más, y sin (4) ningún tipo de patología conocida. Las variables debían estar relacionadas con alguna medida de (5)

equilibrio, mientras que los estudios incluidos debían (6) estar escritos en inglés o español.

Debido a que el objetivo principal de la búsqueda fue determinar los efectos de la aplicación de terapia manual en el tobillo y el pie sobre el equilibrio del adulto mayor, se estableció como variable principal cualquier sistema de puntuación que valorara el equilibrio para cualquiera de sus componentes. Las variables que midieran el rango articular del tobillo se definieron como variables secundarias.

La búsqueda resultó en 146 artículos que fueron seleccionados en un primer momento. Tras revisarlos y eliminar los repetidos, quedaron 31 artículos, que fueron descargados y leídos en profundidad. Sólo seis de estos artículos fueron finalmente incluidos. De estos, cuatro fueron ensayos clínicos aleatorizados,^{18,21,23,24} y los otros dos estudios de intervención (ver Figura 2-3).^{22,25}

Se extrajo la siguiente información de los artículos incluidos: ID del estudio, ID en Pubmed o DOI, autor, año, diseño del estudio, intervención, actuación del grupo control, y variables de equilibrio, caídas y rango articular.

Los resultados fueron analizados utilizando los valores medios con sus desviaciones estándar, niveles de significancia, intervalos de confianza, tamaños de efecto, así como la razón de riesgo y de probabilidad si fuese apropiado. Todos los datos fueron extraídos y analizados por dos revisores independientes. Primero los estudios se sintetizaron de manera cualitativa mediante una síntesis descriptiva. Las características de los estudios fueron tabuladas, clasificando el tipo de estudio y su diseño, características de la muestra, diseño de las intervenciones, incluyendo tipo de maniobras, duración, intensidad y tiempos de medida, además de los sistemas de puntuación utilizados para estimar el equilibrio y el rango de tobillo del adulto mayor. Los efectos de las intervenciones se establecieron de acuerdo a la fortaleza de asociación estimada al 95%, pues todos los estudios propusieron este intervalo. Por otro lado, se realizó una comparación cuantitativa con meta-análisis de resultados mediante métodos estadísticos como la técnica de Mantel-Haenszel para modelos de efectos aleatorios. Se estimaron desviaciones estándar normalizadas, conocidas como SMD, para minimizar el efecto de comparar los resultados con sistemas de puntuación basados en diferentes escalas. Los

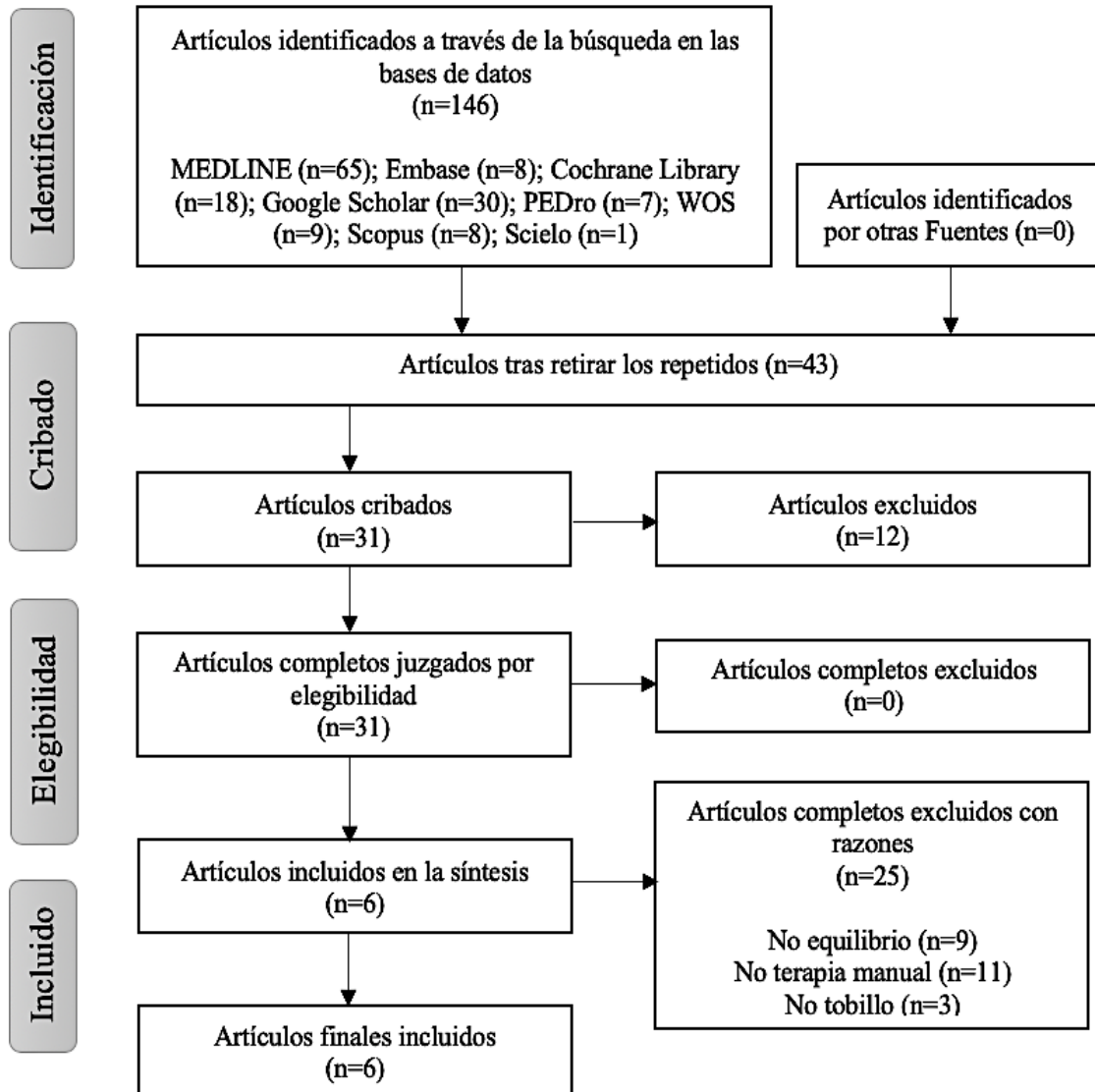


Figura 2-3. Diagrama de flujo revisión sistemática

tamaños del efecto se basaron en el estadístico d de Cohen, con intervalos de confianza al 95%. Para calcular los efectos individuales y totales, las medidas de tamaño del efecto se estimaron a partir de los valores medios, desviación estándar y tamaños de la muestra. En caso de no estar disponibles, se utilizaron los valores de los estadísticos F , d , t , o p para tal efecto. El meta-análisis se realizó para aquellas variables que se repitieron con mayor frecuencia, y para aquellas intervenciones que permitieran comparación. Los resultados se muestran en la figura 2-4, para los componentes de equilibrio, y en la figura 2-5, para el rango articular.

Además, se analizó la calidad metodológica a través de la escala PEDro⁸⁹ (ver Anexo 2). Cinco estudios mostraron una calidad metodológica de baja a moderada, y sólo en uno de ellos la calidad se consideró alta. El riesgo de sesgo fue valorado a través de la herramienta de Colaboración Cochrane⁹¹ en los ensayos clínicos aleatorizados (ver Anexo 3 y 4), mientras que para los estudios de intervención se utilizó la herramienta *The Newcastle-Ottawa Scale*⁹² (ver Anexo 5). Tanto para los estudios experimentales, como para los observacionales, el riesgo de sesgo resultó ser de moderado a bajo.

La síntesis realizada nos mostró que todos los estudios incluidos realizaron una intervención con terapia manual bien sobre el tobillo exclusivamente, o bien sobre el tobillo y pie, centrándose en el adulto mayor. Los seis estudios incluyeron pruebas de equilibrio para evaluar alguno de sus componentes. Por otra parte, algunos estudios utilizaron también alguna variable que midiera el rango articular del tobillo, más específicamente en cuatro de los seis. Tanto los resultados como las características de la revisión bibliográfica han sido tabulados y se pueden consultar con mayor detalle en los Anexos 6 y 7.

Centrándonos en los resultados sobre los efectos de la terapia manual, la síntesis cualitativa mostrada en las figuras 2-4 y 2-5, indicó que la terapia manual aplicada de forma experimental en los grupos de intervención produce mejorías en el equilibrio del adulto mayor en distintos componentes, y en términos dinámicos, estáticos y de estabilidad. Sin embargo, los resultados del meta-análisis no fueron significativos. Efectivamente, la síntesis mostró que la evidencia es todavía escasa, siendo necesarios estudios, preferiblemente con aleatorización, grupo control, y suficiente poder para verificar estos hallazgos (ver Figura 2-4).

Sobre el rango de movilidad articular del tobillo, los efectos fueron favorables, con mayores beneficios en los grupos experimentales que recibieron terapia manual. Sin embargo, los resultados no fueron concluyentes. Únicamente cuando se mide el rango articular en términos globales los datos resultan significativos, haciéndose evidente la mejoría en el rango del tobillo.

Ahora bien, cabe remarcar que todos los estudios propusieron realizar medidas de rango en descarga, no habiendo sido evaluado en ninguno de los casos la opción de medición en carga, siendo esta quizás la más representativa del rango real de movimiento del tobillo (ver Figura 2-5).⁷⁸ La falta de literatura evaluando este resultado, indicó la necesidad de estudios orientados a tal fin.

Sobre el tipo de maniobras utilizadas, la síntesis muestra que no existe un consenso. La gran mayoría de intervenciones se decantaron por movilizaciones de grado III, y en el mayor de los casos, esta intensidad alcanzó hasta grado III-IV en uno de los estudios. Además, en varios de ellos realizando únicamente movilizaciones articulares.

Sobre el volumen utilizado o dosis de tratamiento, se dan dos vertientes, aquellos que se decantan una única sesión, y los que lo hacen por un protocolo de intervenciones múltiples, de hasta doce. Sin embargo, existió una gran variabilidad en los resultados, siendo necesario resolver cuál es el volumen de tratamiento óptimo.

Por último, debido a que los estudios considerados no presentaron altos estándares a nivel metodológico y de riesgo de sesgo, se dedujo la necesidad de continuar investigando en este campo, tal y como se justifica en la siguiente sección.

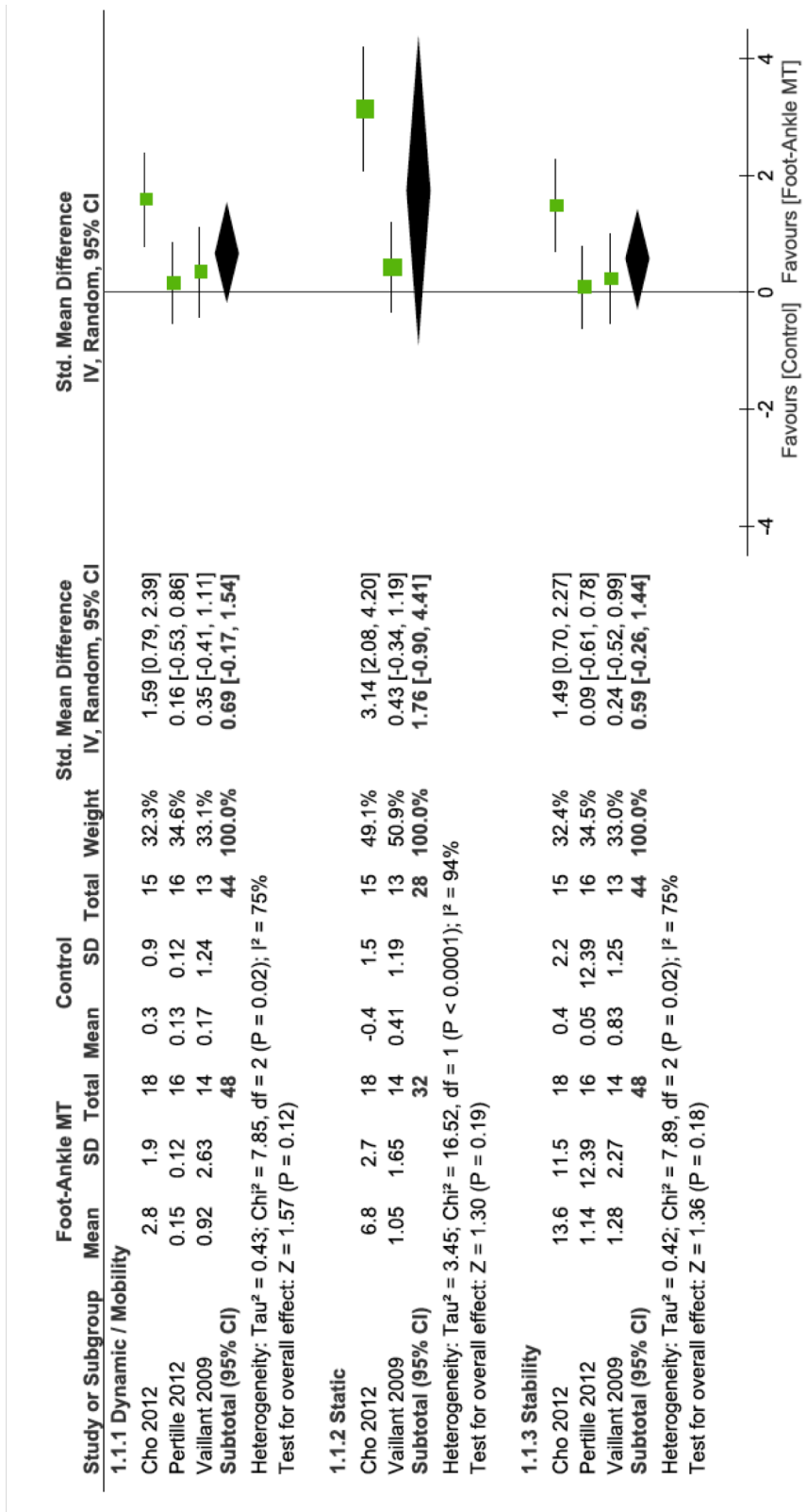


Figura 2-4. Resultados del meta-análisis: variables de equilibrio

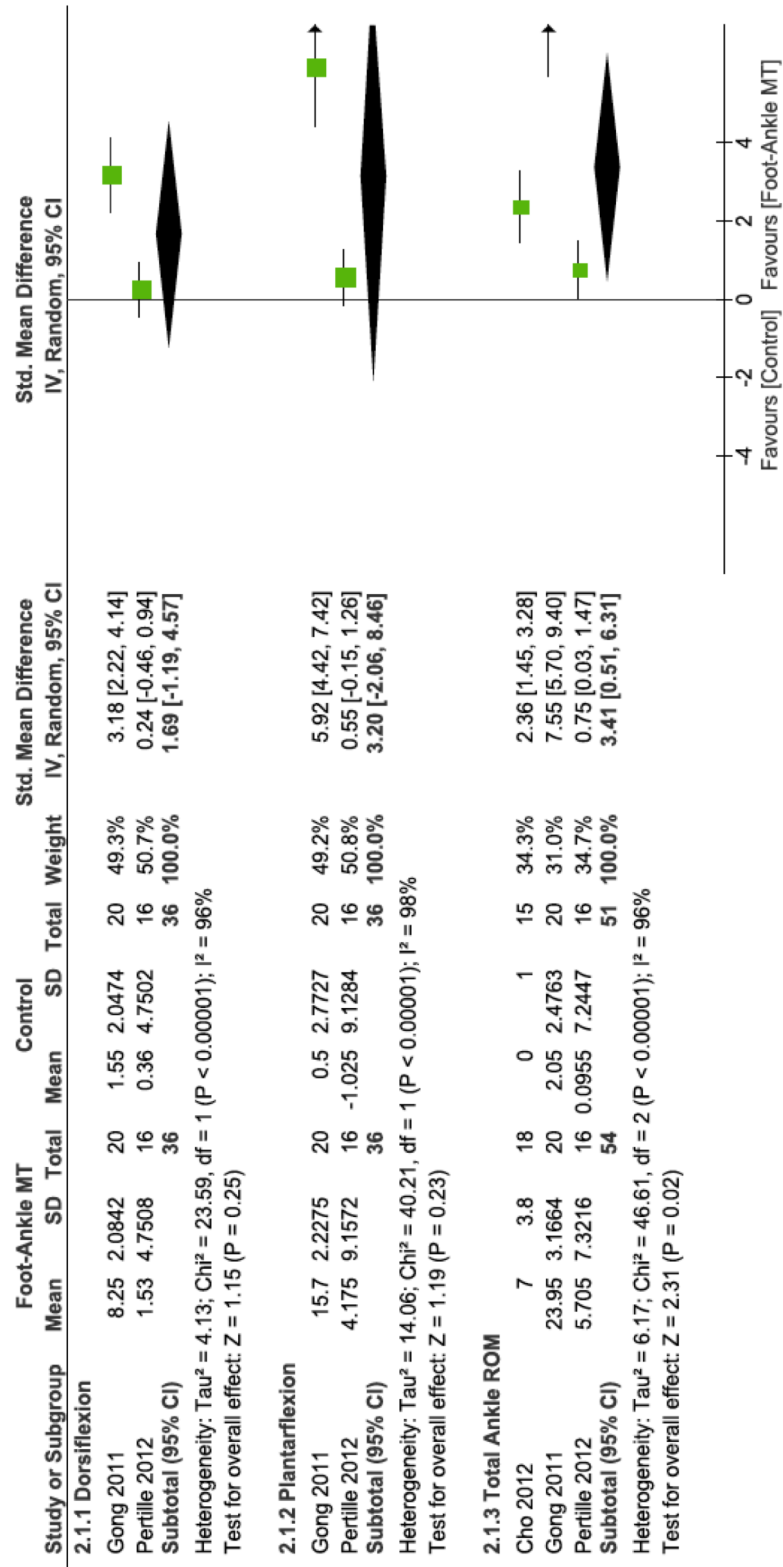


Figura 2-5. Resultados del meta-análisis: variables de rango articular

3. Justificación, hipótesis, objetivos

3.1. Justificación

Hemos visto que la habilidad para mantener el equilibrio depende de la compleja interacción de distintos mecanismos fisiológicos que controlan la acción sensitiva, integradora y motora.² Los mecanismos encargados del control postural se deterioran por dos causas principales, la edad y la enfermedad. Por tanto, esta habilidad sufre un declive con el tiempo, derivando en consecuencias como una funcionalidad limitada o una mayor susceptibilidad a sufrir caídas.⁷

Son múltiples los aspectos que influyen en este declive. Entre ellos, un rango articular de tobillo limitado puede considerarse como un importante factor de riesgo que incrementa la inestabilidad y tiene un impacto negativo en el control postural del adulto mayor.⁴⁸ Esto se debe principalmente a que dicha limitación obliga a una mayor participación de las articulaciones vecinas, que han de desarrollar nuevas estrategias para adaptarse a las demandas de cada movimiento, o simplemente a las de mantener una postura estática.^{10,11} Por tanto, comprender el comportamiento mecánico de esta articulación en la realización de las actividades de la vida diaria es un paso importante para esclarecer la asociación entre la función del tobillo y el control postural del adulto mayor, así como de la patogénesis de sus alteraciones.^{34,47}

Es bien sabido que mejorar el equilibrio y favorecer el funcionamiento de los mecanismos responsables del control postural es uno de los principales objetivos en la prevención, promoción y rehabilitación del estado físico de las personas mayores.⁹³ Para trabajar el equilibrio y reducir las caídas, los ejercicios de fortalecimiento muscular, principalmente de miembros inferiores y core, así como de propiocepción y desafío del equilibrio, han demostrado su efectividad en múltiples ocasiones.^{17,94} Otras aproximaciones comunes incluyen incrementar la inestabilidad en los ejercicios mediante una reducción de la base de soporte, realización de ejercicios dinámicos, o

reducción de las entradas sensoriales. No obstante, sabemos que éstas no son la única forma de abordar el tratamiento del equilibrio. Habida cuenta que el control postural es un mecanismo multifactorial, cada vez son más las propuestas que intentan abordar y combinar aproximaciones que abarquen no solo uno, sino varios de los componentes que engloban esta compleja habilidad.

Precisamente, la terapia manual aplicada sobre el tobillo ha sido utilizada en estudios previos con el objetivo de ganar rango articular y mejorar el equilibrio.^{95,96} Sin embargo, la mayoría de estudios se han focalizado en adultos jóvenes con patología, como esguinces, siendo muy escasa todavía la investigación dirigida al adulto mayor.^{24,96,97} A esto cabe añadir que el trabajo de revisión sistemática realizado en esta tesis sugiere que los estudios en personas mayores no presentan uniformidad en términos metodológicos, por ejemplo a la hora de medir el equilibrio o el rango articular.^{21,22,24} Con respecto a lo último, resulta sorprendente que ningún estudio haya realizado medidas de dorsiflexión en carga, ya que es una de las más representativas a nivel funcional.^{98,99} Además, no existe un consenso en otros aspectos importantes como el volumen necesario de tratamiento, o los efectos a medio y largo plazo de la terapia manual, la intensidad que debe ser aplicada, o las articulaciones con mayor importancia.

En base a la aparente importancia del tobillo en el control postural, y a que los estudios existentes no son concluyentes en lo referente a los efectos en el adulto mayor, se nos plantean una serie de cuestiones que justifican la realización del presente trabajo de tesis doctoral.

En primer lugar, es necesario investigar de manera fehaciente la posible asociación entre el rango articular del tobillo en flexoextensión y el control postural del adulto mayor, con la posibilidad de analizar aspectos adicionales como la capacidad predictora del riesgo de caídas. Existe bibliografía al respecto, aunque es escasa.^{6,100} Debido a ello, es necesario verificar esta relación, y analizar qué componentes del control postural se ven afectados cuando está presente la limitación de la movilidad.

Por otro lado, es necesario resolver si la terapia manual orientada a mejorar el rango articular de tobillo limitado, puede repercutir de manera positiva sobre el control postural del adulto mayor. Estudios previos parecen concluir que esto es posible; sin

embargo, los hallazgos son inconsistentes.^{22,24,101} Por este motivo, el presente trabajo también pretende dar respuesta a esta cuestión.

Por otra parte, la literatura disponible nos muestra que no existe uniformidad sobre el volumen de terapia manual que es necesario aplicar para conseguir una mejoría eficaz en términos clínicos. Dentro del adulto mayor, los estudios disponibles han propuesto desde una única sesión,^{18,24} a intervenciones más largas, llegando hasta las doce sesiones.^{21,22} Por tanto, resolver el ratio dosis-respuesta es el tercero de los puntos que se trata en este estudio.

El hecho de que el equilibrio sea un mecanismo multifactorial, hace que las tendencias actuales traten de abordar en la medida de lo posible distintos componentes que influyan en el mismo. El ejercicio siempre ha sido la forma tradicional para potenciar el equilibrio del adulto mayor.¹⁷ Sin embargo, la terapia manual aplicada sobre el tobillo y el pie también puede tener efectos positivos sobre el equilibrio, por lo que parece razonable estudiar si una intervención multimodal que combine el ejercicio convencional con la terapia manual, puede tener efectos potenciadores sobre el equilibrio.⁹⁶ No existen estudios previos que hayan evaluado esta propuesta, por lo que esta cuestión se plantea como el último punto del presente estudio.

Todas estas cuestiones justifican la investigación, cuyo fin es determinar la importancia clínica de la movilidad en flexoextensión de la articulación del tobillo en el equilibrio y control postural del adulto mayor.

3.2. Hipótesis

Se presentan a continuación las hipótesis de la tesis doctoral:

- Primera, *“el rango de movilidad articular del tobillo en flexoextensión está asociado de manera directa con el control postural en el adulto mayor, de manera que un menor rango articular implica peor equilibrio y mayor riesgo de sufrir una caída, y viceversa.”*
- Segunda, *“la terapia manual aplicada en el tobillo con rango de movilidad limitado es un tratamiento eficaz para mejorar su función, lo que a su vez tiene una repercusión positiva en el equilibrio y el riesgo de caída del adulto mayor.”*
- Tercera, *“existe un número de sesiones óptimo para mejorar el rango articular del tobillo con limitación de movilidad en el adulto mayor.”*
- Cuarta, *“un programa multimodal que incluya tanto ejercicio tradicional orientado a mejorar el equilibrio, como terapia manual en el tobillo y pie, será más eficaz para mejorar el equilibrio del adulto mayor con limitación en la movilidad del tobillo que implementar sólo el ejercicio tradicional.”*

3.3. Objetivos

Los objetivos principales del estudio son los siguientes:

- 1) Determinar la asociación entre el rango articular del tobillo, el equilibrio y el riesgo de caída en el adulto mayor.
- 2) Investigar los efectos de la terapia manual aplicada en el tobillo con movilidad limitada, sobre el control postural del adulto mayor.
- 3) Evaluar la dosis necesaria, en número de sesiones, que produzca una mejoría clínicamente importante en el rango articular del tobillo con movilidad limitada del adulto mayor.
- 4) Determinar los efectos de una intervención multimodal que combine ejercicio de equilibrio convencional y terapia manual sobre el tobillo, y compararlos con los efectos producidos por el ejercicio tradicional de equilibrio orientado al adulto mayor con limitación en la movilidad articular del tobillo.

Como objetivos secundarios se plantean los siguientes puntos:

- 5) Estudiar si el rango articular del tobillo es un factor predictor del riesgo de sufrir una caída.
- 6) Determinar los efectos a medio plazo de la terapia manual aplicada para ganar movilidad en el tobillo del adulto mayor con limitación.

4. Material y métodos

4.1. Introducción

En este capítulo se expone la metodología seguida en esta tesis doctoral. En primer lugar, se aborda el diseño de los estudios propuestos, explicando aspectos como los tipos, tiempos de tomas de medidas o los registros. Posteriormente, se expone el cumplimiento con los aspectos éticos, los criterios de inclusión, y el cálculo de la muestra necesaria para las diferentes fases. Se expone de manera detallada la aleatorización y el cegamiento aplicados. Tras este punto, se detallan las diferentes intervenciones realizadas y los sistemas de medida empleados para estimar efectos. Por último, se tratan los métodos estadísticos y análisis de datos empleados para interpretar los resultados.

4.2. Diseño del estudio

Para dar respuesta a los objetivos principales planteados, se realizó un diseño de investigación categorizado en diferentes fases. La investigación se dividió en tres partes, que incluyeron un estudio observacional, y dos experimentales. El primer estudio experimental alberga a su vez dos análisis diferentes. En la Tabla 4-1, se pueden observar las diferentes fases de la investigación.

Tabla 4-1. Características del estudio

Nombre del estudio	Tipo de estudio	Diseño del estudio
Asociación	Observacional	Analítico de cohortes, transversal
Intervención	Experimental	Ensayo clínico aleatorizado, prospectivo a dos brazos
Multimodal	Experimental	Ensayo clínico aleatorizado, prospectivo a dos brazos

A continuación, se exponen los detalles del diseño para cada uno de los estudios:

- Estudio de asociación: En vistas a dar respuesta al primer objetivo, que dictaba *“determinar la asociación entre el rango articular del tobillo, el equilibrio y el riesgo de caída en el adulto mayor”*, se diseñó un estudio observacional de cohortes, y por tanto de carácter analítico, además de ser transversal y prospectivo. Fue registrado de manera prospectiva en ClinicalTrials.gov (NTC-03898999).
- Estudio de intervención. Efectos de la terapia manual sobre el equilibrio: Con el fin de materializar al segundo objetivo, *“investigar los efectos de la terapia manual aplicada en el tobillo con movilidad limitada, sobre el control postural del adulto mayor”*, se planteó un estudio experimental con diseño de ensayo clínico aleatorizado, a dos brazos y de carácter prospectivo. El estudio fue registrado de manera prospectiva en ClinicalTrials.gov (NTC-03743857).
- Estudio de intervención. Dosis-respuesta de la terapia manual: en vistas de abordar el tercer objetivo planteado, que dictaba *“determinar la dosis necesaria, en número de sesiones, que produzca una mejoría clínicamente importante en el rango articular del tobillo con movilidad limitada del adulto mayor”*, se diseñó un estudio experimental con un diseño de ensayo clínico aleatorizado a dos brazos, de carácter prospectivo. Fue registrado de manera prospectiva en ClinicalTrials.gov (NTC-03600402).
- Estudio multimodal: con el fin de dar respuesta al cuarto objetivo, *“determinar los efectos de una intervención multimodal que combine ejercicio de equilibrio tradicional y terapia manual sobre el tobillo, y compararlos con los efectos producidos por el ejercicio tradicional de equilibrio orientado al adulto mayor con limitación en la movilidad articular del tobillo”*, se diseñó un estudio experimental con un diseño de ensayo clínico aleatorizado a dos brazos, de carácter prospectivo. Fue registrado de manera prospectiva en ClinicalTrials.gov (NTC-03092869).

Implementación y toma de medidas

A continuación, se explica el proceso de implementación y toma de medidas de cada una de las partes del estudio.

- Estudio de asociación: la implementación durante un periodo de diez meses; y se llevó a cabo en las estancias de los siguientes centros: Centro municipal de actividades para personas mayores Patraix, del Ateneo Mercantil de Valencia, del CEAM Jorge Juan Centro especializado de atención a mayores y de la Clínica de Fisioterapia i+d, en colaboración de la Universitat de València. Se realizó una única toma de medidas para esta fase del estudio (ver Tabla 4-2).
- Estudio de intervención: la implementación de este estudio se realizó durante un periodo de cuatro meses; y se llevó a cabo en las estancias de la Clínica de Fisioterapia i+d, en colaboración de la Universitat de València. Debido a la doble metodología de análisis de este estudio, se presentan a continuación la toma de medidas para cada una de ellas por separado (ver Tabla 4-3 y 4-4):

Tabla 4-2. Toma de medidas estudio de asociación

TIEMPO	Cronología	Semana
LB	Línea base	-

Tabla 4-3. Toma de medidas: efectos de la terapia manual sobre el equilibrio

TIEMPO	Cronología	Semana
LB	Línea base del tratamiento	Corresponde a la semana 1
POST	Seguimiento a la semana	Corresponde a la semana 4

Tabla 4-4. Toma de medidas: dosis-respuesta de la terapia manual

TIEMPO	Cronología	Semana
LB	Línea base del tratamiento	Corresponde a la semana 1
TM ₁	Inmediatamente tras intervención 1	Corresponde a la semana 2
TM ₂	Inmediatamente tras intervención 2	Corresponde a la semana 2
TM ₃	Inmediatamente tras intervención 3	Corresponde a la semana 2
TM ₄	Inmediatamente tras intervención 4	Corresponde a la semana 3
TM ₅	Inmediatamente tras intervención 5	Corresponde a la semana 3
TM ₆	Inmediatamente tras intervención 6	Corresponde a la semana 3
POST ₁	Seguimiento a la semana	Corresponde a la semana 4
POST ₂	Seguimiento a las 8 semanas	Corresponde a la semana 12

- Estudio multimodal: la implementación de este estudio se realizó durante un periodo de seis meses; y se llevó a cabo en las estancias de la Clínica de Fisioterapia i+d, en colaboración de la Universitat de València. La toma de medidas de este estudio se presenta a continuación (Tabla 4-5):

Tabla 4-5. Toma de medidas estudio multimodal

TIEMPO	Cronología	Semana
LB	Línea base del tratamiento	Corresponde a la semana 1
POST ₁	Seguimiento a la semana	Corresponde a la semana 6
POST ₂	Seguimiento a las 12 semanas	Corresponde a la semana 18

4.3. Aspectos éticos del estudio

El presente estudio se ha realizado respetando los principios éticos recogidos en la Declaración de Helsinki de 1975, que fue promulgada por la Asociación Médica Mundial sobre investigaciones en seres humanos.¹⁰² El personal sanitario e investigador cumplieron con lo dispuesto en su momento en la ley orgánica de protección de datos del 13 de diciembre 15/1999, donde se recogen los principios de confidencialidad e intimidad.¹⁰³

Se pidió autorización para cada uno de los estudios realizados Comisión Ética en Investigación Experimental de la Universitat de València, como se lista a continuación:

- Estudio de asociación: Informe favorable de la Comisión Ética en Investigación Experimental de la Universitat de València. Con número de procedimiento: H1543937079194 (Anexo 8).
- Estudio de intervención. Efectos de la terapia manual en el equilibrio: Informe favorable de la Comisión Ética en Investigación Experimental de la Universitat de València. Con número de procedimiento: H1516311354981 (Anexo 9).
- Estudio de intervención. Dosis-respuesta de la terapia manual: Informe favorable de la Comisión Ética en Investigación Experimental de la Universitat de València. Con número de procedimiento: H1528343276571 (Anexo 10).

- Estudio multimodal: Informe favorable de la Comisión Ética en Investigación Experimental de la Universitat de València. Con número de procedimiento: H1485849849709 (Anexo 11).

Cada participante fue informado sobre el estudio, y se le facilitó un documento escrito de consentimiento con la siguiente información: finalidad, duración, procedimientos, molestias y beneficios de cada estudio, el cumplimiento del principio de confidencialidad e intimidad, y la participación gratuita, voluntaria y revocable de éste. Los consentimientos de cada uno de los estudios se pueden consultar en los anexos comprendidos entre el Anexo 12 y el Anexo 15.

4.4. Participantes

La población diana estuvo formada por sujetos voluntarios dentro de la población de adultos mayores. La muestra seleccionada para el estudio debía cumplir una serie de criterios de inclusión y exclusión, expuestos a continuación.

Criterios de inclusión:

- Tener 60 años o más.
- Tener limitación en el rango articular del tobillo en flexoextensión (este criterio no fue necesario para participar en la Fase Observacional).

Criterios de exclusión:

- Haber tenido una lesión en los miembros inferiores en los tres meses previos al estudio.
- Presentar alguna patología grave que afectara de alguna manera al equilibrio (ictus, Parkinson, etc.)
- No firmar el consentimiento informado.

La búsqueda de la muestra se realizó en colaboración con los siguientes centros:

- Centro municipal de actividades para personas mayores Patraix.
- Ateneo Mercantil de Valencia.
- Centro Especializado de Atención a Mayores Jorge Juan.
- Clínica de Fisioterapia i+d.

4.5. Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra fue calculado con la herramienta G * Power 3.1.

- Estudio de asociación: Con el objetivo de conseguir al menos una correlación de $r = 0,3$ en las variables principales, y un poder de 0,8 en el estudio con $\alpha=0,05$, se estimó un mínimo de $n = 80$ participantes para esta fase.
- Estudio de intervención: Esperando conseguir una mejoría de al menos el 10% en la variable principal, con un poder de 0,8 en el estudio, $\alpha = 0,05$, y asumiendo una pérdida de muestra aproximada de un 20%, se estimó un mínimo de $n = 34$ participante para esta fase del estudio
- Estudio multimodal: Esta fase fue un estudio piloto. Por ello, el tamaño muestral no se calculó de manera previa. Se esperó reclutar al menos 30 personas mayores. Este tamaño del efecto fue una decisión pragmática basada en los recursos disponibles y en las recomendaciones generales que deben ser aplicadas para implementar estudios piloto.¹⁰⁴

4.6. Aleatorización

El estudio de asociación no requirió de aleatorización al ser un estudio de cohortes sin intervención.

La metodología de aleatorización que se realizó fue similar para el resto de estudios. La generación de la aleatorización se realizó a través de un generador de números aleatorios utilizando el programa Matlab ®. La asignación fue realizada por una persona cegada a los grupos de intervención, asignando a los participantes entre grupo experimental y control. Posteriormente, se procedió a comunicar la asignación resultante al fisioterapeuta que se encargó de la intervención en ambos grupos.

4.7. Cegamiento

El protocolo de cegamiento utilizado fue el siguiente:

- *Extracción de datos*: un fisioterapeuta con más de cinco años de experiencia y cegado a la intervención se encargó de realizar la extracción de variables demográficas y de realizar las valoraciones clínicas.
- *Intervención*: un fisioterapeuta y terapeuta manual con más de 17 años de experiencia fue el encargado de realizar la intervención en todos los grupos. Por lo tanto, no estuvo cegado a tratamientos.
- *Aleatorización y asignación de participantes*: Un asesor externo se encargó de realizar la aleatorización, que estuvo basada en la generación de números aleatorios por ordenador y la posterior asignación. Este proceso estuvo cegado a grupos de intervención.
- *Análisis de datos*: el biometrista de este estudio fue el encargado del análisis de datos, en el que sujetos y grupos fueron codificados con identificadores numéricos.
- *Participantes*: el cegamiento de los participantes no está garantizado, debido a que se les suministró una hoja de información, y fueron debidamente informados de las posibles intervenciones.

4.8. Intervenciones

A continuación, se presentan las diferentes intervenciones realizadas en los estudios experimentales.

4.8.1. Estudio de intervención

En este estudio los participantes se dividieron en dos grupos: uno experimental, al que se le aplicó un protocolo de terapia manual, y otro control, que recibió un tratamiento placebo. Ambas actuaciones fueron realizadas por el mismo fisioterapeuta, según lo establecido en secciones previas.

Grupo experimental

El protocolo de intervención realizado al grupo experimental consistió en seis sesiones de terapia manual basadas en técnicas de movilización articular aplicadas sobre el tobillo. Las sesiones se realizaron en días alternos durante un periodo de dos semanas.

Cada sesión consistió en tres movilizaciones sobre el astrágalo en dirección anteroposterior, de 30 segundos de duración con el mismo tiempo de descanso entre ellas.^{74,88} La intensidad aplicada en la maniobra fue equivalente a un grado IV según la clasificación hecha por Maitland, con la finalidad de actuar sobre la cápsula articular y partes blandas, y sobre el movimiento accesorio del tobillo.^{20,75}

El sujeto se colocó tumbado en una camilla en supino, con una cuña debajo de las rodillas para reducir tensiones musculares. El fisioterapeuta se situó a los pies del paciente mirando hacia el mismo. Las movilizaciones se realizaron con una presa bimanual aplicando compresión directa sobre el astrágalo (Figura 4-1).



Figura 4-1. Movilización anteroposterior del astrágalo

Grupo control

Los participantes del grupo control recibieron un tratamiento placebo, el cual estuvo basado en el mismo protocolo que se realizó al grupo experimental. Tanto la duración en tiempo, número de repeticiones, la posición del paciente y la posición del fisioterapeuta fueron los mismos que en el grupo experimental. La diferencia fue que únicamente se aplicó contacto manual, sin realizar presión sobre el astrágalo.

4.8.2. Estudio multimodal

En el estudio de propuesta multimodal los participantes se dividieron en dos grupos: uno control y otro experimental. El grupo control realizó el protocolo de entrenamiento funcional en grupo. Mientras que el grupo experimental realizó el mismo protocolo, pero adicionalmente se le aplicó un protocolo de terapia manual sobre las articulaciones del pie y tobillo. Ambos protocolos fueron realizados por el mismo fisioterapeuta.

Programa de ejercicio convencional para mejorar el equilibrio del adulto mayor

El programa de ejercicio se realizó en grupos de cinco participantes. El entrenamiento se administraba implementando los ejercicios en forma de circuito, con cada participante haciendo uno de los cinco ejercicios de forma rotatoria (Figura 4-2). Se realizaron ocho sesiones de intervención, aplicadas durante cuatro semanas. El tratamiento fisioterápico constaba de ejercicios orientados a trabajar la propiocepción, el equilibrio y la fuerza funcional. El programa y la intensidad aplicada se adaptaron a las posibilidades de cada participante, para evitar lesiones o fatiga. Cada sesión estuvo programada para unos 30 minutos, y se dividió de la siguiente manera:

- Fase de calentamiento: en sedestación; cada 30 segundos se cambia; se realiza movilización flexoextensión tobillos activa, flexoextensión de rodillas, abducción-aducción caderas, flexión lateral de tronco, circunducción de hombros, flexoextensión de hombros-codos, circunducción / apertura-cierre muñeca y dedos (30 segundos); cinco minutos de duración.



Figura 4-2. Protocolo funcional en grupo

- Fase de trabajo: cada ejercicio tiene una duración de cinco minutos, se realiza sin llegar nunca al agotamiento.
 - Ejercicio 1: sentarse y levantarse de la silla; de frente las paralelas; puede usar los brazos en las primeras fases; empieza con 5 repeticiones; y sube de 5 en 5, descansando unos segundos entre repeticiones.
 - Ejercicio 2: cogidos a las paralelas, realizar punta-talón en bipedestación; 10 veces y descanso breve; empieza con 5 repeticiones y sube de 5 en 5; descanso entre repeticiones.
 - Ejercicio 3: sujetos a unas barras paralelas; caminar de lado sin cruzar el paso, después entrecruzar el paso según evolución; en ambos sentidos; eliminando agarre según evolución; descanso breve cada ida y vuelta.
 - Ejercicio 4: caminar siguiendo una línea en el suelo sujetado a las paralelas; hacia delante y hacia atrás; eliminar agarre según evolución; descanso breve entre vueltas.

- Ejercicio 5: aguantar con una sola pierna y luego con la otra, alternando; descanso breve cada 5 veces; puede usar agarre de dos, una o ninguna mano; se sitúa entre las paralelas.
- Fase de relajación: en sedestación; cada 30 segundos se cambia; realizan estiramientos de trapecios auto asistidos, angulares auto asistidos, musculatura posterior del hombro, musculatura anterior hombro, flexoextensión de tronco, isquiotibiales, y pantorrillas; todo se lleva con control de respiración; cinco minutos de duración.

Protocolo de terapia manual

El protocolo de terapia manual se realizó de manera individualizada. Constó de cuatro sesiones de terapia manual sobre ambos tobillos y pies, una por semana durante cuatro semanas. El protocolo se realizaba inmediatamente tras el entrenamiento de equilibrio. Para su aplicación, el participante se colocó tumbado en supino, y con una cuña debajo de las rodillas para reducir la tensión muscular de los gemelos. Todas las maniobras se realizaron con una intensidad equivalente a un grado III según Maitland.⁷⁵

A continuación, se describen las maniobras realizadas:

- Movilización de posteriorización del astrágalo: se realizaron tres maniobras de 30 segundos en cada pie. El fisioterapeuta lateral al paciente. La mano distal sujetando el calcáneo con el pie en el antebrazo. La proximal sobre el astrágalo.
- Movilización de la articulación subastragalina: movilizaciones con desplazamiento medial y lateral del calcáneo, alternando cada 15 segundos, un minuto y medio en cada pie. El fisioterapeuta mirando a los pies del paciente. Con las manos entrecruzadas sujetando el calcáneo por debajo de la articulación subastragalina.
- Movilización del mediopié: movilizaciones en flexión, extensión y torsión del mediopié, 30 segundos cada maniobra. El fisioterapeuta mirando hacia craneal. Con las manos sujetando los huesos del tarso.
- Movilización del antepié: movilizaciones de flexión, extensión y torsión del antepié, 30 segundos cada maniobra: movilización anteroposterior alternantes

entre cada una de las articulaciones inter metatarsianas. Un minuto y medio cada pie. El fisioterapeuta mirando hacia craneal. Las manos sujetan el metatarso.

4.9. Variables

En una primera parte se expone la priorización de las diferentes variables utilizadas en cada fase. Posteriormente se explica la metodología seguida para cada una de las mediciones.

Los resultados de las valoraciones clínicas fueron registrados en hojas de recogida de datos específicamente diseñadas para este estudio (Anexo 16). Se utilizaron diferentes documentos para cada tiempo de medida con el fin de no sesgar la recogida de datos al tener conocimiento de los valores previos.

Se preparó una hoja de valoración diferente para el análisis de la dosis-respuesta (ver Anexo 17). Las hojas de valoración del estudio multimodal se pueden consultar en el Anexo 18.

4.9.1. Priorización de variables

De la Tabla 4-6 a la Tabla 4-9, se expone la priorización de las diferentes variables utilizadas para cada estudio.

4.9.2. Descripción de las variables del estudio y metodología de medición

Las variables del estudio se dividen en tres bloques: el primero corresponde a las que miden el rango articular; el segundo las que evalúan el equilibrio; y, por último, las variables relacionadas con las caídas.

Variables de rango articular

El rango de movimiento de flexoextensión del tobillo es un valor difícil de registrar debido a que no se desarrolla en una única articulación, sino que cuenta con contribuciones de articulaciones vecinas. No se han considerado variables de medición del rango pasivo debido a su menor importancia funcional. Las mediciones de rango activo pueden ser en carga o descarga. Dado que la literatura previa sugiere que ambas medidas muestran correlaciones que son tan sólo moderadas,⁹⁸ se optó por implementar ambas según los siguientes protocolos. Asimismo, la literatura sugiere que los rangos articulares de tobillo no son necesariamente coincidentes en los miembros contralaterales, por lo que se realizó la evaluación en ambos tobillos de cada paciente.^{1,8}

Tabla 4-6. Priorización de variables del estudio de asociación

Mediciones	Variables
Principales	
<i>Rango articular del tobillo</i>	
Movilidad flexoextensión tobillo carga	Rango articular activo carga
Movilidad flexoextensión tobillo descarga	Rango articular activo descarga
Secundarias	
<i>Posturografía</i>	
Equilibrio estático con ojos abiertos	Área ojos abiertos Velocidad ojos abiertos
Equilibrio estático con ojos cerrados	Área ojos cerrados Velocidad ojos cerrados
<i>Equilibrio</i>	
Equilibrio estático monopodal	Once Stance Leg Balance Test
Estabilidad	Functional Reach Test
Equilibrio dinámico	Timed “Up and Go” Test
<i>Caídas</i>	
Preocupación sufrir caídas	Falls Efficacy Scale-International
Número de caídas	Registro de caídas retrospectivo

Tabla 4-7. Priorización estudio de intervención: efecto de la terapia manual sobre el control postural

Mediciones	Variables
Principales	
<i>Posturografía</i>	
Equilibrio estático con ojos abiertos	Área ojos abiertos Velocidad ojos abiertos
Equilibrio estático con ojos cerrados	Área ojos cerrados Velocidad ojos cerrados
<i>Equilibrio</i>	
Equilibrio estático monopodal	Once Stance Leg Balance Test
Estabilidad	Functional Reach Test
Equilibrio dinámico	Timed “Up and Go” Test
Secundarias	
<i>Rango articular del tobillo</i>	
Movilidad flexoextensión tobillo carga	Rango articular activo carga
Movilidad flexoextensión tobillo descarga	Rango articular activo descarga
<i>Caídas</i>	
Preocupación sufrir caídas	Falls Efficacy Scale-International

Tabla 4-8. Priorización estudio de intervención: dosis-respuesta de la terapia manual

Mediciones	Variables
<i>Rango articular del tobillo</i>	
Movilidad flexoextensión tobillo carga	Rango articular activo carga

Tabla 4-9. Priorización de variables del estudio multimodal

Mediciones	Variables
Principal	
<i>Equilibrio</i>	
Estado de equilibrio global	Escala de equilibrio de Berg
Secundaria	
<i>Rango articular del tobillo</i>	
Movilidad flexoextensión tobillo descarga	Rango articular activo descarga

Rango de movimiento activo en carga

Descripción: El rango de movimiento activo (A-ROM) en carga, en términos del Lunge Test, se diseñó originalmente para valorar la dorsiflexión del tobillo en carga. Esta prueba resulta ser más sensitiva si se compara con técnicas de medición del rango pasivo a la hora de identificar patrones de movimiento de alto riesgo.¹⁰ Como ventajas, es una prueba de bajo coste, de rápida ejecución y que aporta datos del rango articular en carga. Las fuerzas de tensión en carga sobre el tobillo son mayores y van a resultar más indicativas del rango funcional para la realización de las actividades diarias. Como desventaja indicar que no se puede realizar si la carga está contraindicada. Existen dos modalidades dentro de esta prueba: una en la que se mide la distancia que queda de la pared al primer dedo del paciente y otra en la que se mide la inclinación de la tibia con un goniómetro de gravedad o un inclinómetro; en este estudio se optó por la segunda opción.^{99,105}

Metodología de medición: El sujeto colocado con los pies perpendiculares a una pared. Realiza una flexión de rodilla a tocar la pared sin separar el talón del suelo. En este caso se optó por la variante de la inclinación de la tibia para medir la dorsiflexión en carga de tobillo, a través de un inclinómetro. El instrumento utilizado fue el Baseline Digital Inclinometer. Para evitar que las alteraciones anatómicas de la tibia alteraran las medidas, se decidió no utilizar los 90° como medida inicial. Por el contrario, la medida inicial se realizó con el paciente en bipedestación. Se tomó la máxima inclinación de la

tibia para cada pierna. Posteriormente, se calculó la diferencia entre la medida inicial y la final. La medición se realizó una única vez en cada pierna, con el fin de descartar el efecto de acumulación sobre la movilidad en dorsiflexión por movimientos repetitivos. La media entre el valor del tobillo derecho y del tobillo izquierdo fue utilizada para en el posterior análisis de datos.

Interpretación de resultados: La dorsiflexión típica valorada según el Lunge Test se considera entre los 35° y los 37°, con lo cual, un valor inferior implica una limitación del rango articular en dorsiflexión.^{105,106} El cambio mínimo detectable para esta prueba se considera por encima de los 4,6°.¹⁰⁷

Propiedades psicométricas: Esta prueba presenta fiabilidad entre valoradores de 0,97 y una correlación intraclase de 0,93 - 0,99,¹⁰⁸ para las mediciones de la inclinación. Esto indica que es un test fiable y objetivo para medir la dorsiflexión de tobillo.¹⁰⁵ Ambas variantes de registro, distancia e inclinación, muestran una equivalencia entre sí de 3,6° de inclinación por cada centímetro de distancia del dedo gordo a la pared.¹⁰⁹

Rango de movimiento activo en descarga

Descripción: Se utilizó un goniómetro extensible para estimar el valor angular del rango de movimiento medido en grados.

Metodología de medición: Las mediciones se realizaron con el participante tumbado en supino y con una cuña debajo de las rodillas a unos 45° para limitar la acción de los gemelos y descartar en lo posible la tensión muscular. El goniómetro fue colocado de la siguiente manera: el eje del goniómetro se colocó en el eje de flexoextensión del tobillo, justo por debajo del polo inferior del maléolo peroneal. El brazo proximal se extendió hasta contactar con la cabeza del peroné y el brazo distal se dirigió hacia la apófisis estiloides del quinto meta.^{1,8} Se pidió a los participantes que realizaran la flexión plantar máxima primero y la flexión dorsal máxima después, tomando ambas medidas. Se consideró el rango completo articular desde la dorsiflexión activa máxima hasta la flexión plantar máxima, para su análisis posterior. Del mismo modo que para los valores en carga, se tomó una única medida para descartar el efecto de acumulación sobre la

movilidad. La media, entre el valor del rango articular del tobillo derecho y del tobillo izquierdo fue utilizada para el posterior análisis.

Interpretación de resultados: Debido a que el rango de movimiento normal del tobillo oscila entre los 59° y 79°, la presencia de un rango menor a los 59° fue considerado como limitado.¹¹⁰ El cambio mínimo detectable para las mediciones a congoniómetro para el rango del tobillo se considera que se encuentra entre los 5° y 7,7°, siendo el umbral de 5° el referente para el presente estudio.⁹⁹

Propiedades psicométricas: Se describe para esta prueba una confiabilidad entre valoradores alta (ICC = 0,85 - 0,96).⁹⁹

Variables de equilibrio

Debido a la complejidad del equilibrio, son pocos o inexistentes los sistemas de puntuación con capacidad de estimar dentro de una población de individuos todos los componentes del control postural, tal y como indicó Sibley.¹¹¹ Por ello, se optó por utilizar diversas variables que aportaran información complementaria, y que permitieran estimar varios componentes del equilibrio del adulto mayor.

Para valorar el equilibrio estático y el mantenimiento de la postura bipodal se decidió utilizar una plataforma de presiones. Se llevó a cabo una prueba Romberg tradicional, tanto con los ojos abiertos como con los ojos cerrados. Posteriormente, la prueba de equilibrio estático monopodal fue utilizada para estimar la capacidad de equilibrio estático ante una situación de inestabilidad incrementada por la reducción de la base de sustentación. Para valorar los límites de estabilidad se utilizó la prueba de alcance funcional. Para analizar la movilidad funcional y el equilibrio dinámico se utilizó la prueba Timed Up & Go. Por último, para valorar el equilibrio global se realizó la prueba conocida como test o escala de Berg.

Equilibrio estático

Descripción: La prueba Romberg se realizó para valorar el equilibrio estático en posición erecta bipodal, cuantificando el balanceo postural en términos de desplazamiento del centro de presiones y la velocidad de este desplazamiento mientras el sujeto permanecía tan quieto como era posible. Se utilizó para ello un podómetro T-Plate ® a modo de plataforma de presiones.⁵⁴

Metodología de medición: Se valoró a los participantes con pruebas tanto con los ojos abiertos como cerrados en posición estática erecta y apoyo bipodal. El participante debía aguantar el equilibrio encima de la plataforma siguiendo las siguientes indicaciones: los pies colocados de acuerdo con las marcas de la plataforma; los brazos relajados a los lados sin cruzar ni apoyar; las rodillas desbloqueadas y sin tensión, evitando posición totalmente extendida. Por último, no apretar dientes o comer chicle mientras se realizaba la prueba. El tiempo de duración para cada una de las mediciones fue de 30 segundos, tal como literatura previa sugiere para la prueba de Romberg.¹¹²

Interpretación de resultados: Se estimó el desplazamiento del centro de presiones durante la prueba, concretamente con mediciones del área de balanceo barrida en mm² y de la velocidad media de dicho balanceo en mm/s. Desconocemos si existen umbrales de cambio mínimo detectable para esta prueba, ni valores de riesgo de caídas, por lo que no hemos podido hacer una valoración cualitativa adicional en base a estos estadísticos.

Propiedades psicométricas: La correlación intraclase para la mayoría de los parámetros de la plataforma se considera superior a 0,90 considerándose un método objetivo de medición.¹¹³

Equilibrio estático monopodal

Descripción: El test de equilibrio sobre una pierna (OSLB) permite valorar el equilibrio estático y la estabilidad del sujeto en una situación de inestabilidad aumentada al disminuir la base de sustentación. Como curiosidad indicar que se trata de la primera prueba de equilibrio estandarizada y validada que se utiliza en estudios clínicos. La variante con los ojos cerrados puede ser muy exigente para la población

diana, así que se aplicó únicamente la variante de ojos abiertos.⁵⁴ La prueba se realiza en la pierna preferente de cada sujeto, apoyado sobre esa pierna y levantando la otra mediante flexión de rodilla y cadera unos 5 centímetros sobre el suelo. El sujeto ha de mantener el equilibrio sin caerse según su capacidad y hasta un máximo de 30 segundos.^{65,114} Durante la prueba, si el sujeto toca la pierna de sustentación con la pierna contralateral, o la apoya en el suelo la prueba se detiene. El tiempo en segundos que el sujeto es capaz de mantenerse sobre la pierna se registra por el investigador.⁶⁵

Metodología de medición: En el presente estudio, los sujetos probaron en varias ocasiones con ambas piernas con el fin de encontrar su pierna preferente. Una vez elegida, se realizaron tres medidas. El tiempo se paró cuando el pie tocaba el suelo o aguantaban hasta el final del tiempo estipulado. Si ninguna de las tres medidas sobrepasó los cinco segundos, se apuntó la primera de las tres.¹¹⁴ Se decidió que la prueba llegara hasta los 60 segundos con el fin de valorar mejor la evolución de aquellos participantes que estuvieran en el estudio de asociación. De las tres medidas se utilizó la mayor de las tres para su posterior análisis.

Interpretación de resultados: Se considera que existe riesgo de caídas si no se sobrepasan los 30 segundos; el riesgo de caídas se cataloga como riesgo muy alto si no se consigue aguantar 5 segundos. Para esta prueba está estipulado un umbral de cambio mínimo detectable igual a 6,88 segundos.¹¹⁵

Propiedades psicométricas: Presenta una buena correlación test/retest (ICC = 0,74 - 0,75) y alta correlación inter e intraclase (ICC = 0,99).¹¹⁶

Estabilidad

Descripción: El test de alcance funcional (FR) está diseñado para valorar los límites de estabilidad del sujeto. El alcance funcional se define como la máxima distancia la cual una persona puede alcanzar desequilibrándose hacia delante sin perder el equilibrio en bipedestación.⁷ Con este movimiento, se fuerza al centro de gravedad a acercarse al límite de la base de sustentación, preservando el equilibrio sin llegar a realizar un paso. De esta manera se puede estimar el límite estático, en el cual la base de sustentación no cambia, y los dinámicos, en donde la base cambia, usados en el control postural.⁶⁰

Metodología de medición: Para su correcto desarrollo, el sujeto debía permanecer de pie con sus pies a una distancia confortable tras una línea perpendicular y adyacente a la pared. El brazo más cercano a la pared se elevaba a la altura del hombro y la posición del nudillo del tercer dedo se marcaba. Se instruyó a los participantes que debía mantener los pies planos en el suelo, sin separar el talón del suelo, y que tenían que inclinarse hacia delante tanto como fuera posible sin perder el equilibrio, tocar la pared o dar un paso. La posición final del nudillo se marcó en el punto más lejano. El alcance funcional es la diferencia entre las dos medidas.⁷ El test se realizó un total de cinco veces, tomando las tres últimas medidas. El objetivo era reducir el sesgo de aprendizaje. Posteriormente, se calculó la media entre las tres últimas medidas, siendo este valor el resultado utilizado para su posterior análisis.⁵

Interpretación de resultados: Este test se ha descrito como una prueba que tiene capacidad de predecir el riesgo de caídas y la fragilidad. Para el riesgo de caídas, se estipula como riesgo alto aquellos que no lleguen a 25,4 centímetros, y como riesgo muy alto 17,78 centímetros.¹¹⁷ El cambio mínimo detectable estipulado para mayores de 50 años en esta prueba es de 6,79 centímetros.¹¹⁸

Propiedades psicométricas: Muestra una alta correlación intraclase (ICC = 0,92).⁷

Movilidad funcional

Descripción: El test Timed Up & Go (TUG) es una prueba creada para estimar la movilidad funcional del adulto mayor, y se ha utilizado comúnmente como estimador del equilibrio dinámico.^{119,120} Es uno de los test más cortos y simples que existen para valorar el equilibrio dinámico y la movilidad funcional.⁵⁴ Mide el tiempo que se tarda en realizar una serie de maniobras funcionales, las cuales incluyen el levantarse, andar, girar y sentarse. Este test posee dos variables, una física, llevando un vaso de agua, y otra mental, contando al revés desde 100.^{119,121} La principal limitación del test es que es no es posible separar las alteraciones del equilibrio de las del paso.⁵⁴

Metodología de medición: Para realizar la prueba se utilizó una silla con apoyabrazos (45 centímetros de altura el asiento, 65 centímetros de alto el apoyabrazos), una zona despejada de al menos 4-5 metros y un marcador en el suelo.

Los sujetos empezaban sentados en la silla con la espalda apoyada en el respaldo. Se les instruyó que debían levantarse, caminar 3 metros tan rápido y seguro como pudieran, pasar un marcador o línea en el suelo, volver, después caminar de vuelta a la silla y sentarse de nuevo con la espalda apoyada. La prueba se repitió tres veces, y se calculó la media de las tres para su análisis posterior. Se les permitió hacer un intento de familiarización con la prueba.

Interpretación de resultados: Esta prueba tiene capacidad predictora del riesgo de caídas; según autores, aquellos sujetos con puntuaciones entre los 13,5 y los 15 segundos, o superiores tendrán mayor riesgo de sufrir caídas.^{119,121,122} También se considera que aquellos que no superen los 20 segundos serán independientes a la hora de realizar tareas del día a día, pero el riesgo de sufrir caídas es mayor; si tardan más de 30 segundos, indica dependencia funcional para las actividades diarias. Por último, realizar la prueba en menos de 10 segundos indica independencia funcional. Para el presente estudio se consideraron diferentes franjas de riesgo de caídas: ningún riesgo hasta 10 segundos; de 10 a 13,5 segundos riesgo leve; entre 13,5 y 20 segundos riesgo de caídas; de 20 a 30 segundos riesgo alto; y más de 30 segundos riesgo muy alto compatible con la fragilidad. El cambio mínimo detectable para esta prueba se estipula en 3,5 segundos, siendo este el que se va a considerar para este estudio.¹²³

Propiedades psicométricas: Es un test que presenta una alta correlación intraclase (ICC = 0,99).¹¹⁹ Con el fin de identificar a aquellos adultos mayores que tienen a caer, presenta alta sensibilidad (0,87) y especificidad (0,87).¹²¹

Estado global de equilibrio

Descripción: El test de equilibrio conocido como escala de Berg (BBS) valora el estado global de equilibrio de manera funcional a través de 14 ítems que el participante debe completar de manera lo más satisfactoriamente posible.⁵² La escala aporta valores desde los 0 puntos hasta los 56, siendo este último la puntuación que representa la mejor capacidad de equilibrio. La escala se puede consultar en el Anexo 12. Las catorce tareas que componen esta escala evalúan tanto el equilibrio estático como el dinámico.

Metodología de medición: El participante fue evaluado mientras mantenía la bipedestación con los ojos abiertos y cerrados, mantenía la bipedestación con los pies en posición de side-by-side, semi-tándem o tándem, realizaba un apoyo unipodal, realizaba una transferencia entre sillas, ejecutaba una inclinación frontal, realizaba un giro de 360°, recogía un objeto del suelo, o colocaba alternativamente sus pies sobre un step. Fue necesario el siguiente equipo para realizar la prueba: una regla de 30 centímetros, dos sillas (una con reposabrazos y otra sin), un step, un cronómetro y cuatro objetos diferentes (gafas, reloj, rotulador, tijeras). La prueba tuvo una duración entre 15 y 20 minutos.

Interpretación de resultados: Para el presente estudio se consideró un cambio mínimo detectable de 3,3 puntos, sugerido por el estudio de Donoghue et al.¹²⁴

Propiedades psicométricas: Es un test con una correlación alta entre test (ICC = 0,77 - 0,91) y entre valoradores (ICC = 0,88 - 0,97).⁹³

Variables de caídas

Para estimar la relación entre el rango del tobillo y distintos factores relacionados con las caídas se utilizaron los estimadores del riesgo de caída extraídos de la valoración de algunos de los sistemas de puntuación de equilibrio propuestos en el apartado anterior. Además, se utilizó una escala diseñada para estimar la preocupación que presenta un sujeto ante la posibilidad de caerse al realizar distintas actividades funcionales, y se hizo uso de un registro del número de caídas de manera retrospectiva, tal y como se detalla en las siguientes líneas.

Preocupación de sufrir una caída

Descripción: La escala Falls Efficacy Scale-International (FES-I) es un cuestionario de autoevaluación consistente en 16 ítems que evalúan la preocupación que sufren las personas ante la posibilidad de sufrir una caída. Se trata de una escala que ha demostrado ser eficaz para medir la preocupación de sufrir una caída a nivel internacional.¹²⁵

Metodología de medición: La escala rellena por los participantes se puede consultar en el Anexo 11.

Interpretación de resultados: El cambio mínimo detectable para este sistema de puntuación se ha establecido en 8,2 puntos.¹²⁶ Además esta escala ha sido asociada al riesgo de caídas, considerando los siguientes límites: riesgo alto (28-64), riesgo moderado (20-27), y riesgo bajo (16-19).¹²⁷

Propiedades psicométricas: El índice de correlación intraclase varía según la traducción de cada país, siendo la puntuación superior a 0,90 puntos siempre.¹²⁵

Registro de caídas

Descripción: Los registros del número de caídas han demostrado capacidad para predecir si una persona tiene tendencia a padecerlas, siendo una forma simple de valorar el posible riesgo de sufrir más caídas. La recogida de datos puede ser llevada de manera retrospectiva y de manera prospectiva. Aunque ésta última es preferible, se ha demostrado que el ratio entre ambas formas suele ser similar presentando asociación estadística alta entre ambas.⁶

Metodología de medición: Se llevó el registro del número de caídas que el participante había sufrido en el año anterior a la valoración.

Interpretación de resultados: Se consideró que aquellos que habían sufrido una o ninguna caída tenían bajo riesgo de caídas, y aquellos que habían sufrido dos o más caídas tenían alto riesgo de caídas. Esta clasificación se corresponde con la propuesta en investigaciones previas.^{5,6}

Propiedades psicométricas: No se han descrito para esta variable.

4.10. Métodos estadísticos y análisis de los datos

Los análisis estadísticos se han realizado con el paquete estadístico SPSS, versión 24.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) bajo licencia de la Universitat de València y con el software Matlab®. En general, los datos se presentaron como medias y desviaciones estándar, porcentajes, rangos intercuartílicos y frecuencias, y recogidos en tablas de contingencia para mayor claridad.

4.10.1. Bases de datos

Cada estudio generó su base de datos que fue analizada de manera independiente, con un total de tres bases de datos.

4.10.2. Detección y análisis de los datos atípicos

Se emplearon diagramas de cajas para detectar casos atípicos. Se consideraron como atípicos aquellos datos que estuvieran alejados tres desviaciones típicas de la media.¹²⁸ En aquellos casos que se detectaron, se valoró sus efectos sobre los resultados. En caso de ser eliminados, se realizaron análisis de datos siguiendo la metodología de intención de tratar, como añadir el último valor medido al caso perdido o excluido.

4.10.3. Normalidad de las variables del estudio

Inicialmente se comprobó que todas las variables del estudio cumplieran con el supuesto de normalidad mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov para cuando la muestra fuera mayor a 50 participantes, y la prueba de Shapiro-Wilk para el caso contrario. Se utilizaron para su análisis métodos paramétricos o no paramétricos en función de los resultados. Los intervalos de confianza se fijaron al 95%.

4.10.4. Análisis descriptivo

Se realizó un análisis estadístico descriptivo de las características demográficas de la muestra, en las que se incluyeron: edad, sexo, altura y peso. Además, se analizaron las variables cuantitativas: rango de dorsiflexión en carga y descarga del tobillo medidos en grados, datos de las mediciones con plataforma posturográfica incluyendo el área barrida en mm² y la velocidad desplazamiento del centro de presiones en mm/s², las pruebas de una sola pierna y de movilidad Timed Up & Go medidas en segundos, el alcance funcional medido en centímetros, el registro de caídas retrospectivo medido en caídas, y la escala de Berg y el cuestionario Falls Efficacy Scale-International y medidos en puntuaciones.

Para evaluar las diferencias entre grupos en la línea base se utilizaron pruebas Chi-cuadrado y *t-tests* para variables categóricas y cuantitativas respectivamente, con un intervalo de confianza al 95%.

4.10.5. Análisis inferencial

A continuación, se presentan los análisis de datos utilizados para los diferentes estudios realizados.

Estudio de asociación

Esta fase del estudio buscó la existencia de posibles asociaciones entre variables, concretamente entre el rango articular del tobillo con el equilibrio y las caídas en el adulto mayor. La metodología siguió un proceso de tres niveles.

En primer lugar, se estudió la asociación entre la movilidad, equilibrio y caídas haciendo uso de la covarianza, ya que indica el grado de variación conjunta de dos variables aleatorias respecto a sus medias. La covarianza (σ) se interpreta como que hay dependencia directa o positiva si $\sigma > 0$, inversa o negativa si $\sigma < 0$, y no existe una relación lineal entre las dos variables si $\sigma = 0$.

Posteriormente se realizaron regresiones lineales para estudiar el nivel de correlación entre las mediciones de interés. Para ello se utilizó el estadístico coeficiente de Pearson (r) para variables cuantitativas, cuyos valores pueden oscilar entre $r=1$, total asociación, y $r=0$, ningún grado de asociación, pudiendo ser correlaciones lineales positivas o negativas indicando que la asociación es linealmente creciente o decreciente. Se consideró correlación baja si el valor de r llegó hasta 0,25; moderada hasta 0,5; alta hasta 0,75; y muy alta para valores superiores.

Adicionalmente, para estudiar la asociación entre el rango articular y las variables de equilibrio y caídas, se realizaron análisis de regresión logística que estimaron probabilidades en función de la razón de momios u odds ratio (OR):

- En primer lugar, se realizaron análisis de regresiones logística utilizando variables continuas, con la finalidad de establecer el aumento o reducción de la probabilidad de que un rango articular de tobillo esté limitado cuando el resultado o puntuación en una prueba o una escala aumenta en una unidad. Los estadísticos probabilísticos buscaron la asociación entre, por una parte, tanto del rango en carga como en descarga, y por la otra, las pruebas de equilibrio y movilidad Timed Up & Go, de equilibrio sobre una pierna, y de alcance funcional, así como las mediciones de caídas utilizando el registro retrospectivo y la preocupación ante la posibilidad de caer con la escala FES-I.
- En segundo lugar, se llevaron a cabo análisis regresión logística binarias para expresar la probabilidad de que una determinada condición, en este caso tener un rango de tobillo limitado, se diera en los participantes que, en este caso, fueron catalogados como susceptibles de presentar un alto o bajo riesgo de caídas. Para ello, se establecieron los puntos de corte que determinaron la presencia de un rango articular de tobillo limitado en dorsiflexión. Esto se realizó para las mediciones del rango en carga y en descarga. De acuerdo al conocimiento teórico expuesto en secciones previas de este trabajo, se consideró que un sujeto presentaba limitación de movilidad en rango activo de dorsiflexión de tobillo en descarga cuando la medición se encontró por debajo de los 59°, mientras que el punto de corte del rango de dorsiflexión activo en carga, en términos del Lunge Test, se estableció en los 35°. En base a estos umbrales, la muestra se dividió en dos grupos, aquellos que presentaron alto riesgo de sufrir una caída y aquellos

que presentaron un bajo riesgo. Por lo general, el riesgo de caída se relaciona con la capacidad del sujeto en otra tarea, generalmente de equilibrio y fragilidad. Este factor puede ser determinado en base a puntos de corte establecidos para distintos sistemas de puntuación. Los puntos de corte que se consideraron no fueron arbitrarios, sino que fueron extraídos de la literatura. Precisamente, con respecto a las variables medidas en esta tesis, la literatura ha establecido indicadores o factores predictores de riesgo de caídas, concretamente para la prueba de TUG el corte utilizado fue de 13,5 segundos, de manera que aquellos participantes con puntuaciones mayores presentaban alto riesgo.^{119,121,122} Para la prueba de alcance funcional, el punto de corte establecido fue de 17,78 centímetros de manera que todo sujeto con una puntuación menor presentó riesgo de caídas según esta prueba.¹¹⁷ En la prueba de equilibrio sobre una pierna, puntuaciones por debajo de los 5 segundos se consideró indicador de alto riesgo.⁹⁸ Por otra parte, se consideró que un sujeto tenía alto riesgo de presentar caídas si había caído dos o más veces en el último año.^{5,6} El punto de corte en la escala FES-I fue de 28 puntos.¹²⁷ Para los casos en los que el valor fue cero, es decir, no hubo sujetos en un grupo con una condición, se utilizó la corrección de Haldane-Anscombe. Se fijó un intervalo de confianza en el 95%.

Estudio de intervención: efectos de la terapia manual sobre el equilibrio

En esta fase se comparó la evolución de los efectos de la terapia manual sobre el control postural considerando dos grupos, experimental y placebo, y dos tiempos, antes y después de la intervención. Se evaluó la presencia de diferencias estadísticamente significativas utilizando pruebas *t* para muestras independientes, y análisis de varianza de un factor. Se utilizaron pruebas no paramétricas en caso de no cumplirse criterios de normalidad ni de homogeneidad de varianzas, como los rangos de Wilcoxon o la *U* de Mann Whitney para muestras relacionadas o independientes respectivamente. El intervalo de confianza se fijó en el 95%.

Además, se comprobó el efecto práctico las diferentes intervenciones. Para ello se estimó el tamaño del efecto con el estadístico *d* de Cohen. Los tamaños de efecto se interpretaron según los siguientes umbrales establecidos por el propio Cohen: 0,2 como pequeños, 0,5 como moderados, y 0,8 como grandes.¹²⁹ Se comprobó el tamaño de

efecto intra e intergrupo. El primero se estimó utilizando la fórmula propuesta por Morris,¹³⁰ en la que la correlación entre las mediciones pre y post se introduce dentro de la ecuación. Para la estimación del segundo ambos grupos fueron comparados usando la magnitud de cambio entre grupos desde la base al punto de medida y sus desviaciones estándar.

Por último, se analizó de manera cualitativa los resultados referentes haciendo hincapié en si las evoluciones conseguidos podían implicar un impacto clínicamente importante del tratamiento. Para ello se consideró el cambio mínimo detectable en algunas de las variables con este fin. Estos han sido reportados en la sección 4.9.2.

Estudio de intervención: dosis-respuesta de la terapia manual

Los análisis estadísticos en este estudio buscaron resolver:

- 1) Los efectos individuales que cada sesión de terapia manual tuvo sobre el rango articular del tobillo en dorsiflexión en carga y descarga del adulto mayor.
- 2) Los efectos acumulativos de un total de seis sesiones.
- 3) Los efectos a corto y medio plazo de dicha terapia.

El análisis de dos grupos y nueve tiempos de medida se llevó a cabo mediante modelo lineal mixto basado en el análisis de varianza de medidas repetidas, buscando interacciones entre tiempo, grupo y tiempo-grupo. Se realizaron pruebas post-hoc basadas en Bonferroni y *C* de Dunnett según características de la muestra. Respecto a la prueba de Levene, se utilizó para comprobar la relación entre varianzas. El supuesto de esfericidad de Mauchly se cumplió ante la homogeneidad entre las variables de las diferencias de los pares de medias siendo $p > 0,05$, si no se alcanzó dicha esfericidad, para lo que se empleó la corrección de Huynh-Feldt. Todos los intervalos de confianza se fijaron al 95% para detectar diferencias significativas.

Con el fin de comprobar el efecto práctico de las intervenciones, se estimó el tamaño de efecto utilizando el estadístico *d* de Cohen. El tamaño de efecto se interpretó con respecto a los siguientes valores: 0,2 como pequeños, 0,5 como moderados, y 0,8 como grande.¹²⁹ El efecto de cada sesión individual de tratamiento para cada grupo de

intervención fue calculado de manera independiente utilizando la fórmula propuesta por Morris, ¹³⁰ en la que la correlación entre las mediciones pre y post de cada sesión fueron incluidas en la fórmula de estimación. Posteriormente, se calculó el efecto acumulativo de las intervenciones calculando el cambio medio o evolución conseguida en cada grupo de intervención con respecto a la línea base. Por último, ambos grupos fueron comparados usando la magnitud de cambio entre grupos desde la base a cada punto de medida, obteniéndose un total de tres tamaños del efecto que resuelven las necesidades propuestas inicialmente en este mismo apartado.

Para realizar un análisis cualitativo se interpretó el cambio mínimo detectable de la variable principal para este fin, que fue reportado en la sección 4.9.2.

Estudio multimodal

En este estudio hubo dos grupos y tres tiempos de medida, con lo cual se llevó a cabo un modelo lineal mixto basado en el análisis de varianza de medidas repetidas que buscó interacciones entre tiempo, grupo y tiempo-grupo. Se realizaron pruebas post-hoc basadas en Bonferroni y *C* de Dunnett según características de la muestra. Respecto a la prueba de Levene para igualdad de varianzas, se utilizó para comprobar la relación entre varianzas. El supuesto de esfericidad de Mauchly se cumplió ante la homogeneidad entre las variables de las diferencias de los pares de medias siendo $p > 0,05$, si no se alcanzó dicha esfericidad, para lo que se empleó la corrección de Huynh-Feldt. Los intervalos de confianza se fijaron al 95% para detectar diferencias significativas.

En el caso de diferencias estadísticamente significativas a nivel basal, se analizaron posibles interacciones tiempo, grupo, tiempo-grupo se llevó a cabo con análisis de covarianzas en el que la evolución pre- post- test se ajusta a los niveles basales, utilizando como covariable la medida basal. Del mismo modo que en el análisis de varianza se comprobó la igualdad entre varianzas y el supuesto de esfericidad. Se realizaron test post hoc utilizando Bonferroni. El intervalo de confianza se fijó en un 95%.

Para comprobar si las diferencias eran clínicamente importantes entre tras la intervención terapéutica, se planteó valorar el tamaño de efecto según el estadístico d de Cohen. Los tamaños de efecto se consideraron con respecto a los siguientes valores establecidos por Cohen, tal y como se ha expuesto en anteriores apartados.¹²⁹

Se analizó la variable principal de manera cualitativa para comprobar la importancia clínica de la actuación, para ello se consideró el cambio mínimo detectable para este fin. Este ha sido reportado en la sección 4.9.2.

4.10.6. Análisis complementarios

En caso de incidencias a la hora de la recogida de datos, se aplicó el criterio de intención de tratar (*intention to treat analysis*), el cual se basó en establecer valores perdidos o atípicos de acuerdo con la medición inmediatamente anterior. En los casos que no se cumplió este supuesto, se consideró como dato perdido para su análisis estadístico posterior.

4.11. Tratamiento bibliográfico

Respecto al tratamiento de la documentación bibliográfica, se ha hecho en base a la normativa de la American Medical Association (Normas AMA).

5. Resultados

5.1. Introducción

En este capítulo se presentan los resultados de cada uno de estudios realizados. En el estudio de observación se resuelve la cuestión de si existe una relación positiva entre el rango articular, el equilibrio y las caídas dentro de la población del adulto mayor. Posteriormente, se exponen tanto los efectos de la terapia manual sobre el equilibrio, como la dosis óptima para conseguir una mejoría en el rango articular. Por último, se presentan los resultados de la propuesta de tratamiento multimodal con el fin de verificar si la terapia manual tiene capacidad de potenciar los efectos de un programa de equilibrio convencional dirigido al adulto mayor.

5.2. Resultados y estimación de las fases del estudio

Para exponer los resultados de manera consistente, cada investigación realizada sigue la misma secuencia de presentación:

- Flujo de participantes,
- Datos descriptivos,
- Resultados específicos obtenidos.

5.2.1. Estudio de asociación

Se evaluaron las capacidades de equilibrio de sujetos mayores que cumplieron criterios en base a distintos sistemas de medida, y se midió para dicha muestra el rango articular del tobillo. Los resultados a continuación determinan el grado de asociación de ambos factores (movilidad de tobillo y equilibrio) mediante estadísticos como la covarianza, correlación, y regresión logística. Finalmente, se muestra la capacidad

predictiva de la limitación del rango de tobillo para determinar el riesgo de caídas del adulto mayor.

Flujo de participantes y valores descriptivos

Un total de 88 adultos mayores fueron invitados a participar, con una edad media de $75,2 \pm 8,1$ años, de los cuales 64 (74%) fueron mujeres. Tras explicar con detenimiento el objetivo del estudio, uno de los participantes decidió no participar y abandonó antes de realizar las valoraciones. El diagrama de flujo del estudio de asociación se presenta en la Figura 5-1.

Un total de 87 adultos mayores completaron todas las valoraciones. Uno de los participantes no realizó el test de equilibrio estático monopodal ya que tuvo que abandonar por motivos personales, y dos participantes no pudieron realizar el test de plataforma posturográfica debido a problemas técnicos. Los datos descriptivos de los participantes del estudio de asociación se muestran en la Tabla 5-1.

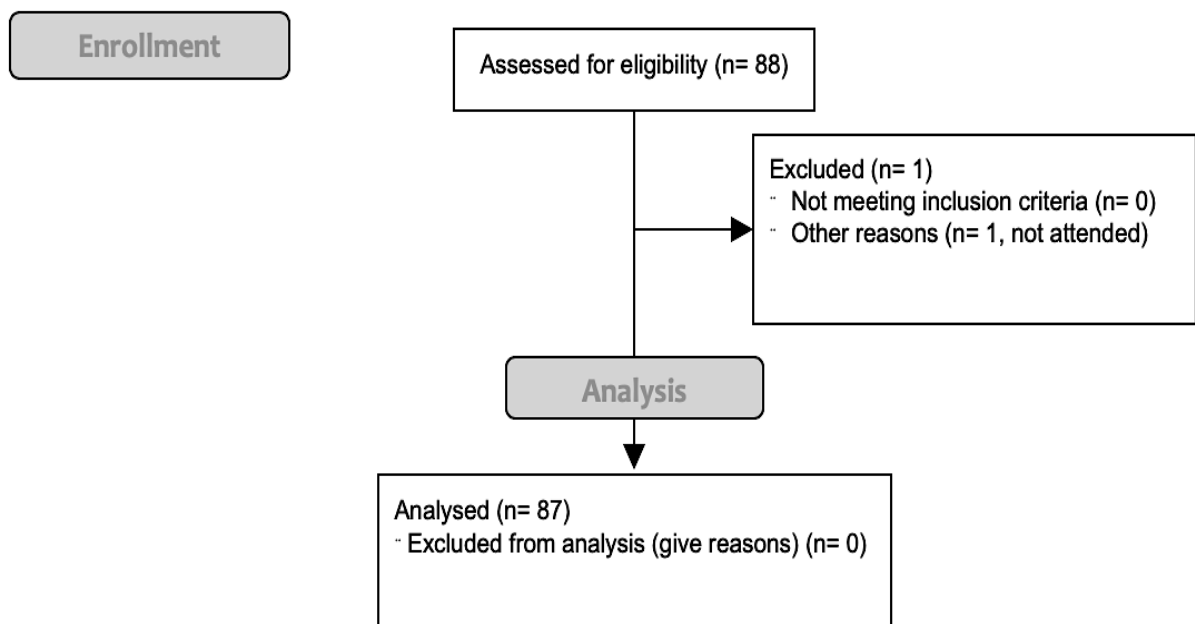


Figura 5-1. Diagrama de flujo del estudio de asociación

Tabla 5-1. Datos descriptivos del estudio de asociación

Datos basales	<i>m ± de</i>	<i>p</i>
n	87	-
Mujeres	64 (74%)	<0,001
Edad (años)	75,2 ± 8,1	0,01
Altura (cm)	161,1 ± 8,5	0,20
Peso (Kg)	69,2 ± 10,7	0,20
<i>Rango articular del tobillo</i>		
A-ROM carga (°)	27,37 ± 7,12	0,20
A-ROM descarga (°)	49,82 ± 9,96	0,20
<i>Posturografía</i>		
Área OA (mm²)	191,31 ± 469,35	<0,001
Velocidad OA (ms⁻¹)	4,57 ± 11,19	<0,001
Área OC (mm²)	157,20 ± 267,02	<0,001
Velocidad OC (ms⁻¹)	4,91 ± 12,02	<0,001
<i>Equilibrio</i>		
OSLB Test (s)	20,64 ± 19,45	<0,001
FR Test (cm)	21,74 ± 5,92	0,20
TUG Test (s)	10,31 ± 3,55	0,05
<i>Caídas</i>		
FES-I (puntos)	26,68 ± 9,53	<0,001
Registro de caídas (n°)	0,76 ± 1,02	0,00

m: media; *de*: desviación estándar; *n*: número de participantes; *p*: pruebas de normalidad según *Kolgomorov-Smirnov*, si $p > 0,05$ = distribución normal; *A-ROM*: rango de movimiento articular activo; *OA*: ojos abiertos; *OC*: ojos cerrados; *OSLB*: test de equilibrio monopodal; *FR*: alcance funcional; *TUG*: test “Up and Go”; *FES-I*: Falls Efficacy Scale-International

No cumplen el supuesto de normalidad las siguientes variables: sexo, edad, OLB, TUG, todas las variables posturográficas, registro de caídas y FESI. Por otro lado, sí que lo hacen las variables: altura, peso, A-ROM carga, A-ROM descarga, FR Test y TUG Test. Se consideró la existencia de datos atípicos y se decidió excluirlos del análisis.

Relación entre la movilidad del tobillo y el control postural

Los resultados del análisis de correlación entre las variables de rango articular y las variables de equilibrio y caídas se muestran en la Tabla 5-2.

Tras realizar el análisis estadístico, se observa que existe correlación alta entre el rango articular del tobillo en carga y las variables que miden el equilibrio dinámico, la estabilidad y la preocupación ante la posibilidad de sufrir una caída. Adicionalmente, existe correlación de tipo moderado con el equilibrio estático monopodal. Las gráficas de dispersión de puntos de estos datos se pueden observar de la Figura 5-2 a la Figura 5-8. Por otro lado, el rango articular en descarga encuentra correlación moderada con el equilibrio estático monopodal y el equilibrio dinámico. Por último, entre las variables de rango articular existe correlación moderada. Los datos de covarianza muestran cierta similitud con los obtenidos en las correlaciones, aunque existen algunas inconsistencias en las medidas posturográficas.

Tabla 5-2. Relación entre el rango articular y las medidas de equilibrio y caídas

	(n=87)	A-ROM carga		A-ROM descarga	
		<i>r</i>	σ	<i>r</i>	σ
<i>Posturografía</i>					
Área OA (mm ²)		-0,134	-446,360	0,115	539,165
Velocidad OA (ms ⁻¹)		-0,083	-6,631	0,100	11,211
Área OC (mm ²)		0,040	75,964	0,116	308,034
Velocidad OC (ms ⁻¹)		0,070	6,002	0,167	20,028
<i>Equilibrio</i>					
OSLB Test (s)		0,419 **	58,293	-0,324 **	62,879
FR Test (cm)		0,544 **	22,913	0,239 *	14,075
TUG Test (s)		-0,547 **	-13,837	-0,297 **	-10,521
<i>Caídas</i>					
FES-I (puntuación)		-0,513 **	-34,831	-0,088	-8,387
Registro de caídas (n°)		-0,147	-1,070	-0,064	-0,655
<i>Rango articular del tobillo</i>					
A-ROM carga (°)		1	50,644	0,416 **	29,498
A-ROM descarga (°)		0,416 **	29,498	1	99,218

r: correlación de tipo baja (0-0,25), moderada (0,25-50), alta (0,50-0,75), muy alta (0,75-1);

σ : covarianza; (*): $p < 0,05$; (**): $p < 0,001$; *n*: número de participantes; OA: ojos abiertos; OC: ojos cerrados; OSLB: test de equilibrio monopodal; FR: alcance funcional; TUG: test "Up and Go"; FES-I:

Falls Efficacy Scale-International A-ROM: rango de movimiento articular activo

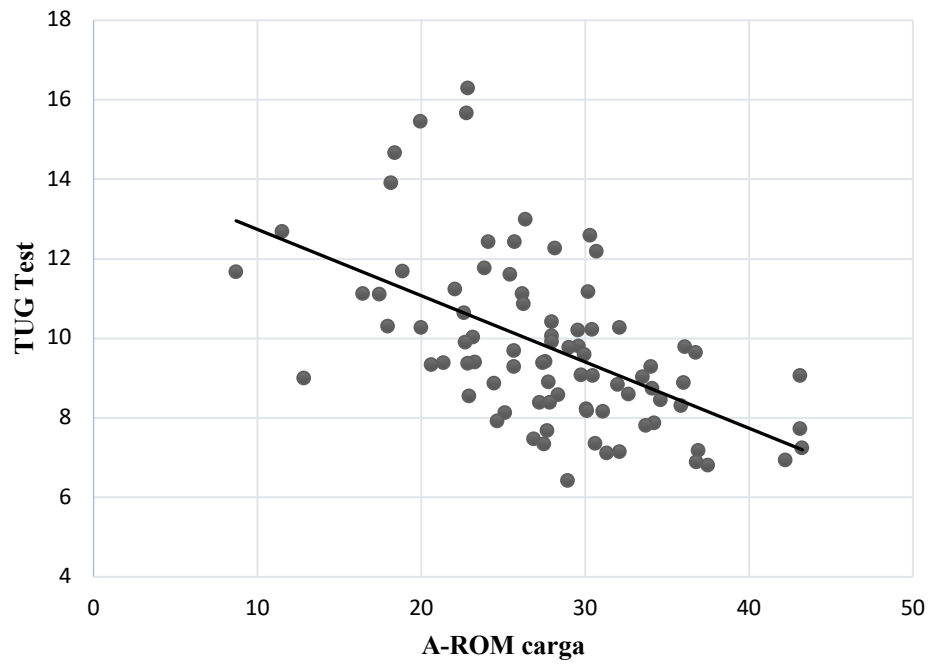


Figura 5-2. Correlación alta entre las variables A-ROM carga y TUG Test

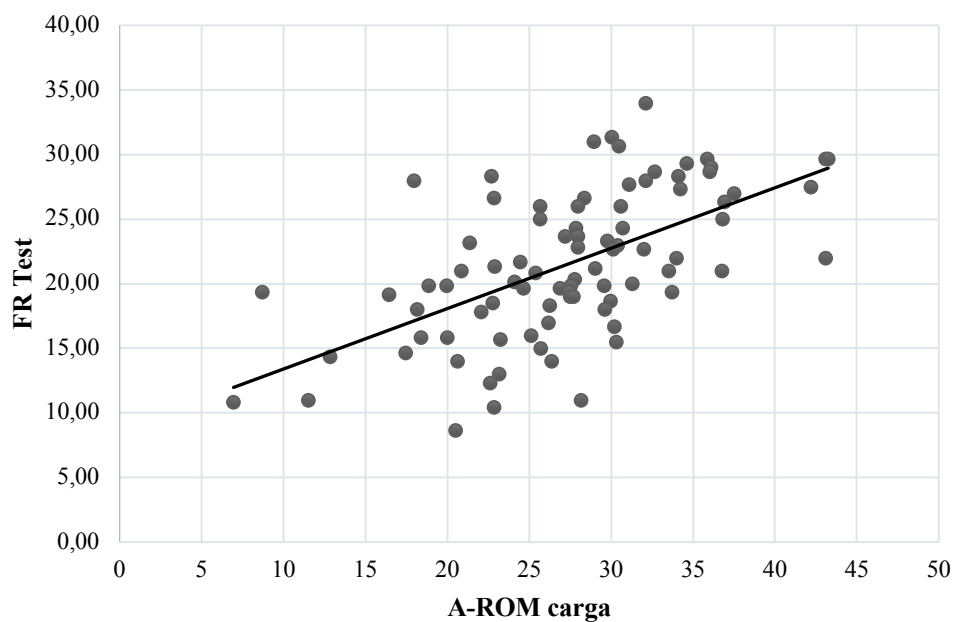


Figura 5-3. Correlación alta entre las variables A-ROM carga y FR Test

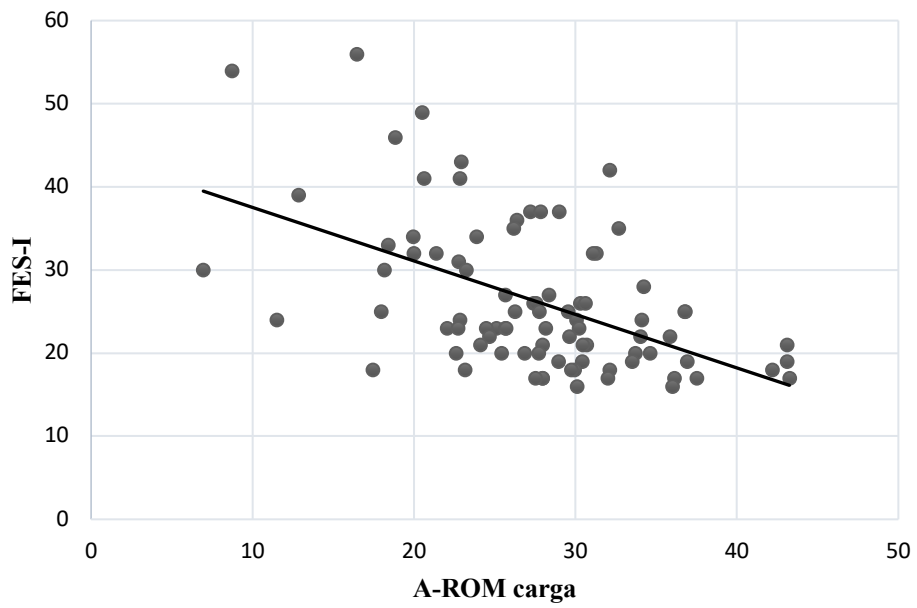


Figura 5-4. Correlación alta entre las variables A-ROM carga y FES-I

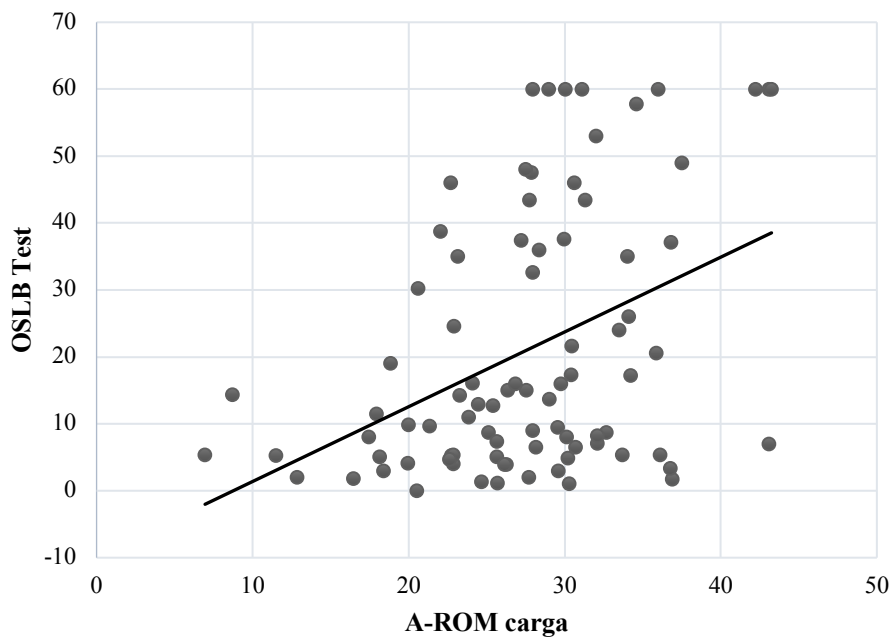


Figura 5-5. Correlación moderada entre las variables A-ROM carga y OSLB Test

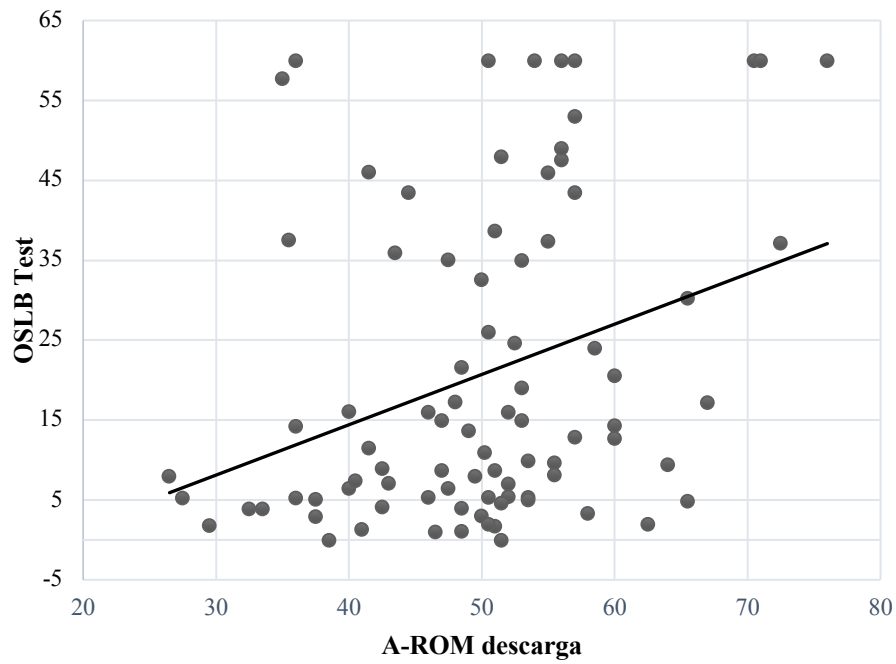


Figura 5-6. Correlación moderada entre las variables A-ROM descarga y OSLB Test

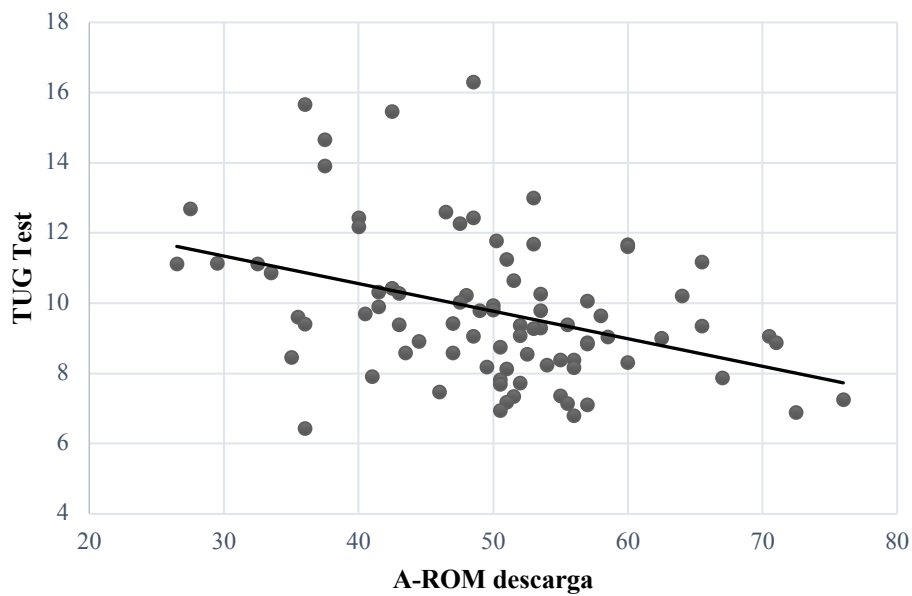


Figura 5-7. Correlación moderada entre las variables A-ROM descarga y TUG Test

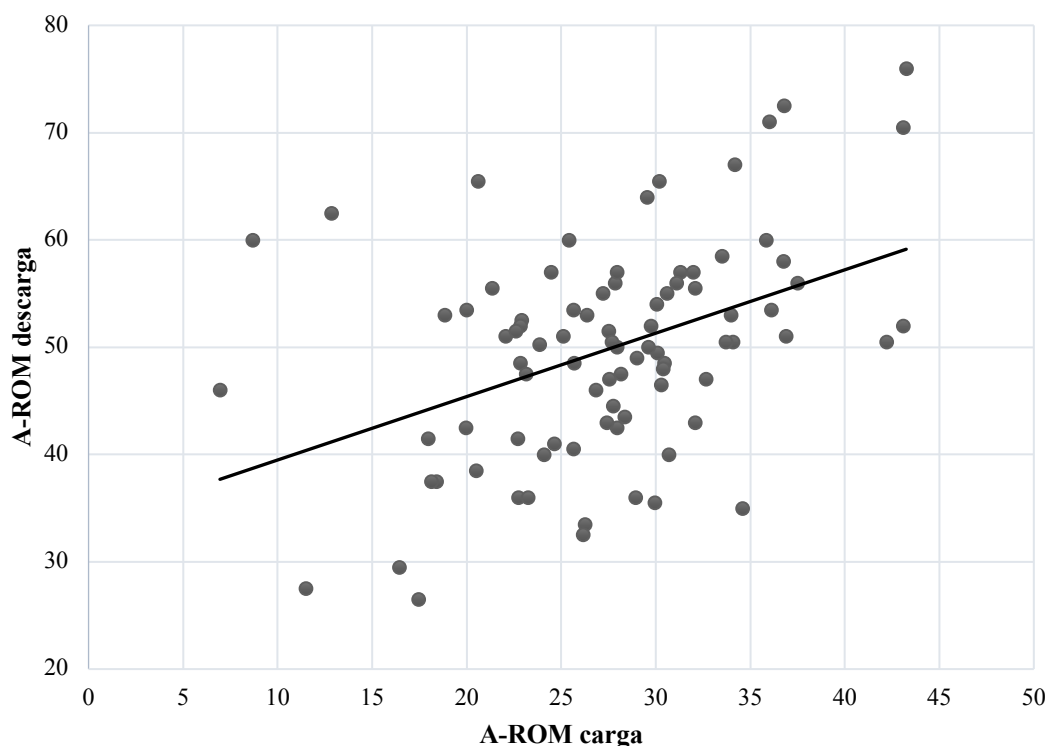


Figura 5-8. Correlación moderada entre variables A-ROM carga y A-ROM descarga

La regresión logística determinó a qué nivel una peor puntuación en las escalas de equilibrio se asocia con una mayor probabilidad de tener un rango de movilidad de tobillo limitado, ya sea en carga o en descarga (Tabla 5-3).

Se observa que el rango de movilidad articular del tobillo en carga parece tener asociación con los valores de movilidad, estabilidad y número de caídas. Concretamente, los resultados sugieren que un incremento de un segundo en el tiempo transcurrido para completar la prueba TUG, implica un aumento significativo en la probabilidad de que el rango de movilidad en carga esté limitado [OR: 2,46 (1,32 - 4,52); $p = 0,004$]. Un incremento del número de caídas se asocia con un aumento de la probabilidad similar de que exista limitación articular en carga [OR: 2,58 (0,82 - 8,10); $p = 0,013$]. Por su parte los resultados indican que cada centímetro adicional alcanzado por un sujeto en la prueba de alcance funcional se relaciona con una menor probabilidad de tener un rango de movilidad del tobillo en carga limitado [OR 0,86 (0,72 - 0,94);

$p=0,005$]. Por el contrario, esta asociación probabilística no parece cumplirse entre el rango en carga y los resultados en las pruebas de estabilidad sobre una sola pierna y de preocupación y/o miedo a la caída.

Los resultados respecto al rango articular del tobillo en descarga no presentaron resultados significativos.

Tabla 5-3. Razón de probabilidad entre las variables y el rango articular

Sistema de puntuación	ROM	OR	IC (95%)	<i>p</i>
Movilidad (TUG)				
	A-ROM descarga	1,18	(0,87 – 1,61)	0,276
	A-ROM carga	2,46	(1,32 – 4,52)	0,004
Estabilidad (FR)				
	A-ROM descarga	0,98	(0,89 – 1,09)	0,733
	A-ROM carga	0,86	(0,72 – 0,94)	0,005
Equilibrio estático (OSLB)				
	A-ROM descarga	1,00	(0,00 – 1,00)	0,780
	A-ROM carga	1,00	(0,99 – 1,02)	0,783
Número de caídas				
	A-ROM descarga	1,71	(0,73 – 4,03)	0,220
	A-ROM carga	2,58	(0,82 – 8,10)	0,013
FES-I				
	A-ROM descarga	0,99	(0,93 – 1,05)	0,772
	A-ROM carga	1,10	(0,98 – 1,23)	0,100

ROM: rango de movilidad; *OR*: razón de probabilidad; *IC*: intervalo de confianza; *p*: significación de la revisión logística; *A-ROM*: Rango de movilidad activo; *TUG*: test “Up and Go”; *FR*: alcance funcional; *OSLB*: equilibrio monopodal.

Movilidad del tobillo y riesgo de caídas

El riesgo de caída se estimó en base a los puntos de corte establecidos por la literatura para cada variable predictora, tal y como se expuso en la sección de análisis de datos. Los resultados indicaron que tener un rango articular del tobillo en carga limitado es un predictor del riesgo de caídas, ya que aumenta este riesgo hasta en 2,85 veces según la prueba TUG cuando esta variable se evaluó como predictor individual de dicho riesgo, hasta en 5,71 veces si se considera que el sujeto es propenso a sufrir caídas, es decir, sufrió más de dos caídas en los últimos 12 meses, y en hasta 5,51 veces si el sujeto refiere tener serias preocupaciones sobre la posibilidad de poder sufrir una caída mientras realiza distintas actividades, según la escala FES-I. El incremento de probabilidad del riesgo de caída fue menor cuando las variables predictoras evaluadas fueron el equilibrio estático mantenido con una pierna y el alcance funcional. En cualquier caso, los modelos no resultaron ser predictores estadísticamente significativos, tal y como se muestra en la Tabla 5-4.

Si nos centramos en la capacidad predictiva del riesgo de caída que tiene un rango de movilidad en descarga limitado según distintas variables, los resultados sugieren que la limitación en descarga tiene capacidad para predecir un mayor riesgo de caídas de manera similar al rango en carga, según la prueba TUG. Ahora bien, el resto de variables resultaron en factores predictores diversos y poco concluyentes. Por lo tanto, los resultados sugieren que una limitación del rango articular en carga puede ser predictor del riesgo de caída en aquellas circunstancias que implican movilidad y/o realización de actividades, pero no en las que implican mantenimiento estático de postura y estabilidad sin modificar la base de apoyo de la posición inicial. Por su parte, el rango activo en descarga parece tener una menor capacidad predictiva. En cualquier caso, cabe remarcar que los resultados del modelo no fueron estadísticamente significativos, lo que podría indicar bien que la muestra ha de ser necesariamente mayor para verificar estos supuestos, o bien que el rango podría no ser factor predictor de caídas.

Tabla 5-4. Predicción del riesgo de caídas debido a limitación del rango articular

Estimación de riesgo de caídas	Función del tobillo	Alto riesgo	Medio-bajo riesgo	OR	IC (95%)	<i>p</i>
Movilidad (TUG Test)						
A-ROM descarga	Limitado	8	67	3,15	(0,17– 58,10)	0,441
	No limitado	0	12			
A-ROM carga	Limitado	8	68	2,85	(0,16 – 52,90)	0,481
	No limitado	0	11			
Estabilidad (FR Test)						
A-ROM descarga	Limitado	9	58	0,88	(0,21 – 3,16)	0,859
	No limitado	3	17			
A-ROM carga	Limitado	17	59	1,29	(0,26 – 6,58)	0,754
	No limitado	2	9			
Equilibrio estático (OSLB Test)						
A-ROM descarga	Limitado	24	51	2,35	(0,48 – 11,58)	0,293
	No limitado	2	10			
A-ROM carga	Limitado	23	53	1,16	(0,28 – 4,76)	0,864
	No limitado	3	8			
Número de caídas						
A-ROM descarga	Limitado	14	61	2,53	(0,30 – 21,20)	0,394
	No limitado	1	11			
A-ROM carga	Limitado	15	61	5,79	(0,32 – 103,86)	0,232
	No limitado	0	11			
FES-I						
A-ROM descarga	Limitado	24	51	0,94	(0,26 – 3,43)	0,927
	No limitado	4	8			
A-ROM carga	Limitado	27	49	5,51	(0,67 – 45,38)	0,113
	No limitado	1	10			

ROM: rango de movilidad; *OR*: razón de probabilidad; *IC*: intervalo de confianza; *p*: significación de la revisión logística; *A-ROM*: Rango de movilidad activo; *TUG*: test “Up and Go”; *FR*: alcance funcional; *OSLB*: equilibrio monopodal; *FES-I*: Falls Efficacy Scale-International

5.2.2. Estudio de intervención

En esta sección resumimos los resultados del programa experimental que trató de resolver los posibles efectos de la terapia manual sobre el equilibrio, con un diseño de dos grupos: grupo control, con tratamiento placebo, y grupo experimental, cuyos participantes recibieron seis sesiones de terapia manual sobre el tobillo. Asimismo, este diseño nos sirvió de base para descifrar los efectos individuales de cada sesión sobre el rango articular en carga, así como los efectos acumulativos del tratamiento, tal y como se detalla en los siguientes apartados.

Flujo de participantes y valores descriptivos

Treinta y ocho adultos mayores fueron invitados a participar en esta fase, con una edad media de $72,9 \pm 8,8$ años y de las cuales 27 (71%) eran mujeres. Se dividieron de manera equitativa entre el grupo experimental ($n = 19$) y el control ($n = 19$). Dos participantes del grupo experimental abandonaron el estudio a mitad de intervención por motivos de salud no relacionados con la implementación de las intervenciones. No se contabilizaron otros sucesos adversos. Estos datos se muestran en el diagrama de flujo de la Figura 5-9.

Un total de 36 adultos mayores completaron el estudio y sus datos fueron analizados: 17 en el grupo experimental y 19 en el control. Los participantes tanto del grupo experimental como del control cumplieron el protocolo al 100%. Los datos basales se muestran en la Tabla 5-5.

No se observaron diferencias entre grupos en la línea base en ninguna de las variables empleadas para evaluar los efectos de la terapia manual en el tobillo del adulto mayor. Se comprobó el supuesto de normalidad para las variables sin resultados. Se hallaron datos atípicos en el test TUG y en todas las medidas posturográficas, los cuales fueron retirados antes del análisis de datos.

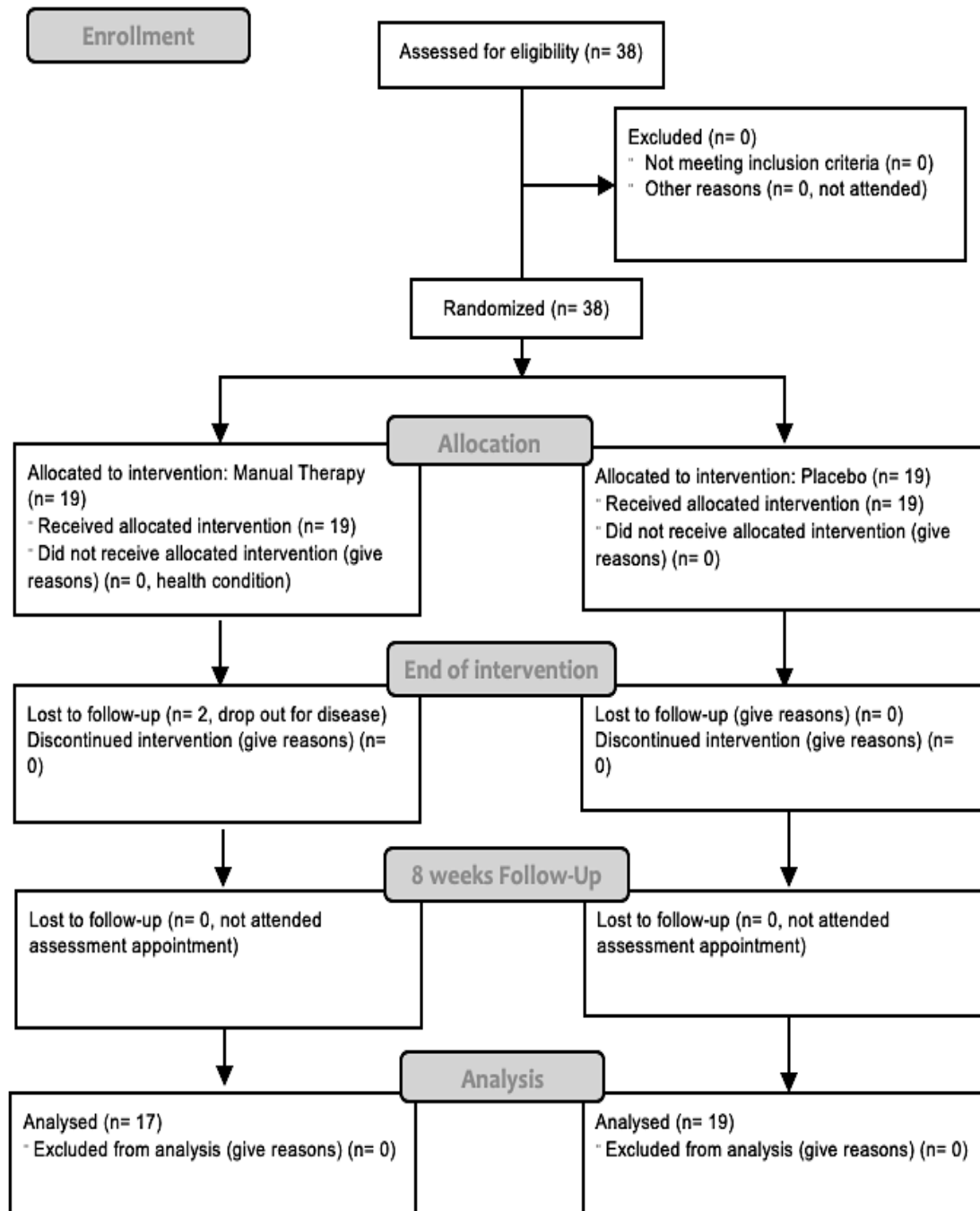


Figura 5-9. Diagrama de flujo del estudio de intervención

Tabla 5-5. Descriptivos del estudio de intervención

	Grupo Experimental	Grupo Control	Δ_{e-g}
	$m \pm de$	$m \pm de$	p
n	17	19	-
Mujeres (n/%)	14 (82%)	13 (68%)	0,35
Edad (años)	72,0 \pm 8,1	73,7 \pm 9,6	0,56
Altura (cm)	159,4 \pm 11,1	159,7 \pm 7,5	0,92
Peso (Kg)	73,9 \pm 9,6	70,1 \pm 10,1	0,26
<i>Rango articular del tobillo</i>			
A-ROM carga (°)	24,15 \pm 6,54	25,04 \pm 6,72	0,69
A-ROM descarga (°)	45,84 \pm 9,41	50,11 \pm 9,47	0,18
<i>Posturografía</i>			
Área OA (mm²)	410,97 \pm 845,04	290,08 \pm 505,88	0,38
Velocidad OA (ms⁻¹)	10,80 \pm 23,29	4,03 \pm 6,65	0,26
Área OC (mm²)	197,41 \pm 311,87	172,94 \pm 324,02	0,82
Velocidad OC (ms⁻¹)	4,41 \pm 4,84	8,55 \pm 24,40	0,50
<i>Equilibrio</i>			
OSLB Test (s)	23,43 \pm 19,43	14,68 \pm 11,79	0,12
FR Test (cm)	22,25 \pm 5,82	20,25 \pm 6,05	0,32
TUG Test (s)	11,06 \pm 2,21	11,01 \pm 4,51	0,97
<i>Caídas</i>			
FES-I (puntuación)	28,29 \pm 9,84	28,79 \pm 8,77	0,87

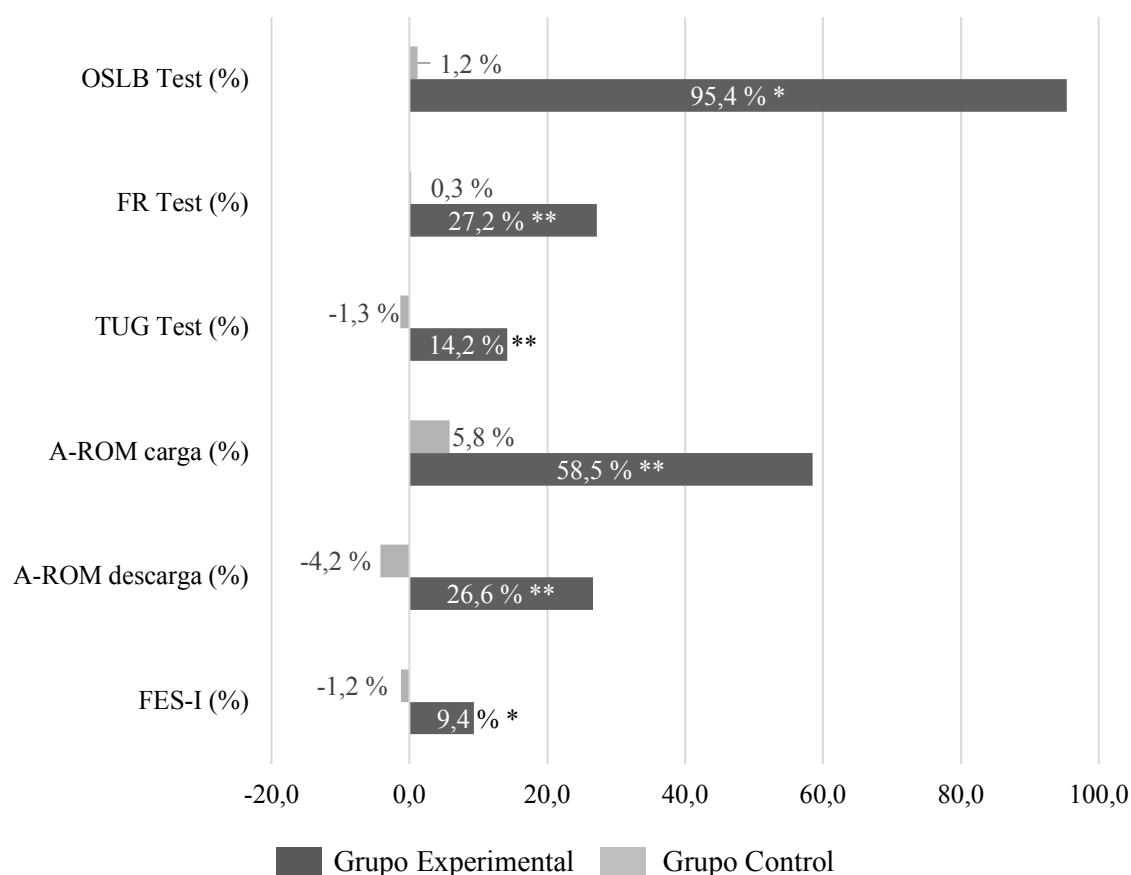
m: media; *de*: desviación estándar; Δ_{e-g} : diferencia entre grupos, buscando que no haya diferencia entre grupos a través de Pruebas *t* *Shapiro Wilk* ($p > 0,05$); *A-ROM*: rango articular activo; *OA*: ojos abiertos; *OC*: ojos cerrados; *OSLB*: equilibrio monopodal; *FR*: alcance funcional; *TUG*: test “Up and Go”

A. Efectos de la terapia manual en el equilibrio

Los efectos de la terapia manual aplicada en el tobillo con movilidad limitada sobre el equilibrio del adulto mayor, se resumen en la Figura 5-10. En ella se observa cómo, en términos porcentuales, seis sesiones de tratamiento produjeron una mejoría de hasta 14,2% en los resultados del test de movilidad. Respecto a la estabilidad, la mejoría se contabilizó en un 27,2%. En resumen, se observa una mejoría en todas las variables de equilibrio y miedo de caída, aunque con un rango variable entre el 9,6% y el 95,4%. Por otra parte, en el equilibrio estático monopodal se consiguió superar el cambio mínimo

detectable estipulado, siendo la que mayor porcentaje de mejoría consiguió. Además, los resultados indican que seis sesiones de terapia manual también fue efectivo para mejorar el rango de movilidad, concretamente hasta en un 26,6%, superando en ambos casos el cambio mínimo detectable estipulado. Respecto a los valores concretos, estos han sido resumidos en la Tabla 5-6.

Tras la actuación, el análisis intragrupo mostró para el grupo experimental que la terapia manual produce efectos positivos en el rango articular del tobillo, tanto en carga como en descarga, con una mejoría significativa ($p < 0,001$) para ambas medidas, y con un tamaño práctico de efecto grande ($d_{A-ROM\ carga} = 3,23$ y $d_{A-ROM\ descarga} = 2,04$).



Valores calculados con la siguiente fórmula: $((\text{Final}-\text{Inicial}) / \text{Inicial}) * 100$; OSLB: equilibrio monopodal; FR: alcance funcional; TUG: test “Up and Go”; A-ROM: rango articular activo; FES-I: Falls Efficacy Scale-International

Figura 5-10. Gráfica de la evolución en términos absolutos de las variables que presentan diferencias significativas comparando grupo control con grupo experimental

Tabla 5-6. Efectos de la terapia manual sobre el equilibrio

	Grupo Experimental (n=17)				Grupo Control (n=19)				Entre Grupos	
	Post (m ± de)	Δ ± de	p _{i-g}	d _{i-g}	Post m ± de	Δ ± de	p _{i-g}	d _{i-g}	p _{e-g}	d _{e-g}
<i>Medidas de rango articular</i>										
A-ROM carga (°)	35,97 ± 5,81	11,82 ± 3,53	<0,001	3,23	25,50 ± 5,80	0,46 ± 2,76	0,48	-0,16	<0,001	3,61
A-ROM descarga (°)	56,64 ± 6,62	10,81 ± 5,25	<0,001	2,04	47,90 ± 9,01	-2,21 ± 4,06	0,03	-0,54	<0,001	2,80
<i>Medidas posturográficas</i>										
Área OA (mm²)	405,06 ± 721,08	-5,91 ± 639,39	0,97	0,01	191,09 ± 259,37	-17,99 ± 602,06	0,90	0,15	0,95	-0,02
Velocidad OA (ms⁻¹)	24,44 ± 54,37	13,63 ± 57,02	0,34	-0,44	5,51 ± 11,61	1,48 ± 13,91	0,65	-0,10	0,40	-0,30
Área OC (mm²)	339,83 ± 345,94	142,42 ± 453,22	0,21	-0,33	188,95 ± 226,95	16,01 ± 412,83	0,87	-0,03	0,39	-0,26
Velocidad OC (ms⁻¹)	13,21 ± 22,17	8,81 ± 23,68	0,14	-1,17	5,52 ± 7,79	-3,03 ± 26,59	0,62	0,08	0,17	-0,19
<i>Medidas de equilibrio</i>										
OSLB Test (s)	33,42 ± 21,40	9,98 ± 10,35	0,00	1,03	14,04 ± 10,26	-0,64 ± 3,90	0,48	0,66	0,00	1,39
FR Test (cm)	27,66 ± 5,31	5,41 ± 2,29	<0,001	2,31	20,04 ± 5,22	-0,21 ± 1,72	0,60	-0,13	<0,001	2,80
TUG Test (s)	9,45 ± 1,90	-1,60 ± 0,88	<0,001	1,78	11,00 ± 3,84	-0,01 ± 0,93	0,98	0,01	<0,001	1,75
<i>Medidas de estado de caídas</i>										
FES-I (ítems)	25,12 ± 7,98	-3,18 ± 4,56	0,01	0,69	29,11 ± 10,34	0,32 ± 5,02	0,79	-0,07	0,04	0,73

m: Media; de: desviación estándar; Δ: Diferencia intra grupo y entre tiempos; p_{i-g}: Diferencias significativas intra grupos a través de pruebas t; p_{e-g}: Diferencias significativas entre grupos a través de pruebas t; d_{i-g}: d de Cohen para un tamaño de efecto calculado para cambios intra grupo calculado a través de la fórmula de Morris (2008) en la cual la correlación se tiene en cuenta la correlación entre las dos medidas; d_{e-g}: d de Cohen para un tamaño de efecto del cambio entre grupos; A-ROM: movilidad articular activa;

OA: Ojos Abiertos; OC: Ojos Cerrados; OSLB: equilibrio monopodal; FR: alcance funcional; TUG: test "Up and Go"; FES-I: Falls Efficacy Scale-International

La comparación entre grupos sugirió que el tamaño de efecto de la terapia manual fue grande para mejorar el rango articular del tobillo en carga y descarga, superando la puntuación de $d = 0,8$ prevista. Dentro del análisis cualitativo se observa que el umbral de cambio mínimo detectable, el cual supone una diferencia clínicamente importante y estaba estipulado en $4,6^\circ$ para el rango en carga y en 5° en descarga, fue superado en más de dos veces en ambos casos.

Con respecto a los efectos de la terapia manual sobre el control postural, en el análisis intragrupo se observa que el grupo experimental evoluciona de manera positiva en las medidas de equilibrio. Tanto para el equilibrio estático monopodal, la estabilidad y el equilibrio el dinámico se hallaron mejorías significativas (OSLB Test $p < 0,05$; FR Test $p < 0,001$; TUG Test $p < 0,001$) y con tamaño de efecto grande en las tres variables ($d_{OSLB} = 1,03$; $d_{FR} = 2,31$; $d_{TUG} = 1,78$). No hubo mejorías en ninguno de los dos grupos en el análisis intragrupo para las medidas posturográficas. La comparación entre grupos mostró un tamaño de efecto grande para mejorar el equilibrio en el adulto mayor, en términos de equilibrio estático monopodal, la estabilidad y el equilibrio el dinámico, al superar la puntuación de $d = 0,8$ estipulada. Desde el punto de vista del análisis cualitativo, el equilibrio estático monopodal superó el umbral de cambio mínimo detectable, estipulado en 6,88 segundos.

Por último, el análisis intragrupo muestra en el grupo experimental que mejorar el rango articular del tobillo en el adulto mayor repercute de manera positiva en la preocupación de sufrir una caída, con una mejoría significativa ($p < 0,05$), con un tamaño de efecto moderado ($d_{FES-I} = 0,69$). Según el análisis cualitativo, no se consiguió superar el umbral del cambio mínimo detectable para la escala FES-I, estipulado en 8,2 puntos. Sin embargo, desde el punto de vista del riesgo de sufrir una caída según lo estipulado para esta escala, se consiguió pasar de alto riesgo a moderado en el grupo experimental, al bajar su valor a menos de 28 puntos tras la intervención.

En resumen, los resultados de este estudio experimental sugieren que un tratamiento de seis sesiones de terapia manual sobre el tobillo puede producir mejorías tanto en el rango articular, como en el equilibrio y reducir la preocupación de sufrir una caída del adulto mayor con limitación de movilidad en dicha articulación.

B. Estudio de intervención: dosis-respuesta de la terapia manual

El estudio de dosis-respuesta evaluó el efecto individual y acumulativo de hasta seis sesiones de tratamiento de terapia manual. Se evaluó el efecto de la propuesta sobre el rango de dorsiflexión en carga (ver Tabla 5-7 y Tabla 5-8). Podemos afirmar que el análisis intragrupo sugirió que una sola sesión de terapia manual produce mejorías estadísticamente significativas con tamaños del efecto grandes en el grupo experimental ($p < 0,001$; $d = 2,16$). Sin embargo, observamos que el tamaño de efecto de las sesiones subsiguientes fue pequeño. Esta tendencia fue constante hasta la sesión cinco, en la que la intervención pareció modificarla presentando un tamaño del efecto ligeramente mayor a las anteriores sesiones. Específicamente, se observó un valor en el grupo experimental de pequeño a moderado ($d = 2,75$, $CI_{95\%} = 1,81 - 3,68$). Este efecto se mantuvo hasta la medición realizada en el seguimiento a la semana y a las ocho semanas (1w, $d = 3,81$, $CI_{95\%} = 2,68 - 4,94$; 8w, $d = 2,70$, $CI_{95\%} = 1,77 - 3,63$). Los resultados se muestran en la Tabla 5-7 y Figura 5-11.

Por otro lado, la comparación entre grupos sugirió que el efecto de la terapia manual fue grande en todas las mediciones, superando el $d=0,8$ estipulado para el estudio desde la primera sesión (Tabla 5-8). De nuevo se observó un salto cuantitativo considerable tras la quinta sesión. El máximo efecto se produjo en la medición de seguimiento realizada una semana tras la intervención. El tamaño de efecto se mantuvo prácticamente constante hasta ocho semanas después (ver Tabla 5-8).

Al analizar la mejoría de manera cualitativa, se puede observar que una sola sesión de terapia manual es eficaz para producir una mejoría de 1,8 veces el cambio mínimo detectable. El incremento resultó ser superior a dos veces este valor en la quinta sesión, y alcanzó su máximo a la semana de evolución: concretamente la mejoría conseguida fue de $11,82^\circ \pm 3,53^\circ$, lo que supera en 2,6 veces el cambio mínimo detectable que supone una importancia clínica en términos de mejoría del rango de movilidad en carga. Por contra, y como era esperado, el grupo control no mostró mejorías significativas en ninguna de las medidas tras recibir un tratamiento placebo, según se observa en la Tabla 5-7. Este dato refuerza los resultados obtenidos, verificando la eficacia de la terapia manual para conseguir una mejoría en el rango articular del tobillo en el adulto mayor.

Tabla 5-7. Dosis-respuesta de la terapia manual: análisis intragrupo

A-ROM carga	Grupo Experimental (n=17)					Grupo Control (n=19)				
	$m (^{\circ}) \pm de$	p_{i-j}	d_{i-j}	p_{LB-i}	d_{BL-i}	$m (^{\circ}) \pm de$	p_{i-j}	d_{i-j}	p_{LB-i}	d_{BL-i}
LB	24,15 \pm 5,54	-	-	-	-	25,04 \pm 6,72	-	-	-	-
TM₁	32,65 \pm 6,14	0,00	2,16	<0,001	2,16	24,89 \pm 6,53	1,00	-0,13	1,00	-0,13
TM₂	33,14 \pm 6,37	1,00	0,16	<0,001	2,19	25,02 \pm 6,26	1,00	0,09	1,00	-0,01
TM₃	32,78 \pm 6,16	1,00	-0,11	<0,001	2,44	25,04 \pm 6,15	1,00	0,02	1,00	0
TM₄	32,79 \pm 8,10	1,00	0,00	<0,001	1,90	24,91 \pm 5,66	1,00	0,10	1,00	-0,08
TM₅	34,36 \pm 4,88	1,00	0,34	<0,001	2,75	25,04 \pm 5,71	1,00	0,13	1,00	0
TM₆	35,02 \pm 5,00	1,00	0,19	<0,001	2,36	24,24 \pm 6,20	1,00	-0,29	1,00	-0,20
Post₁	35,97 \pm 5,81	1,00	0,25	<0,001	3,81	25,50 \pm 5,80	1,00	0,32	1,00	0,16
Post₂	34,46 \pm 5,10	0,30	-0,73	<0,001	2,70	25,04 \pm 5,70	1,00	-0,22	1,00	0

A-ROM: rango articular activo; *LB*: línea base; *TM_i*: número de sesión de terapia manual; *Post₁*: seguimiento 1 semana; *Post₂*: seguimiento 8 semanas; *m*: media; *de*: desviación estándar; d_{i-j} : tamaño de efecto de la *d* de Cohen estimada de los cambios intragrupo de los valores del test usando la fórmula propuesta por Morris (2008) en la cual se tienen en cuenta la correlación entre cada medida y su previa; d_{BL-i} : tamaño de efecto de la *d* de Cohen estimada para los cambios intragrupo en las medidas de los test usando la fórmula propuesta por Morris (2008) en la cual se tiene en cuenta la correlación entre cada medida y la línea base; p_{i-j} : significancia entre cada medida y su medida previa, a través de pruebas *ANOVA*; p_{BL-i} : significancia entre cada medida y la línea base, a través de pruebas *ANOVA*

Tabla 5-8. Dosis-respuesta de la terapia manual: análisis entre grupos

A-ROM carga	Grupo Experimental (n=17)		Grupo Control (n=19)		d_{e-g}
	Sesión	$\Delta (^{\circ}) \pm de$	$\Delta (^{\circ}) \pm de$	p_{e-g}	
	LB	-	-	-	-
	TM ₁	8,50 \pm 4,50	-0,15 \pm 1,16	<0,001	2,70 (1,80-3,61)
	TM ₂	8,99 \pm 4,78	-0,02 \pm 1,52	<0,001	2,60 (1,72-3,49)
	TM ₃	8,63 \pm 4,06	0 \pm 1,65	<0,001	2,84 (1,92-3,77)
	TM ₄	8,64 \pm 6,18	-0,13 \pm 1,81	<0,001	1,98 (1,18-2,77)
	TM ₅	10,21 \pm 4,14	0 \pm 1,85	<0,001	3,25 (2,25-4,24)
	TM ₆	10,87 \pm 4,99	-0,8 \pm 3,89	<0,001	2,63 (1,74-3,52)
	Post ₁	11,82 \pm 3,53	0,46 \pm 2,76	<0,001	3,61 (2,55-4,67)
	Post ₂	10,31 \pm 4,24	0 \pm 1,85	<0,001	3,21 (2,23-4,21)

A-ROM: rango articular activo; *LB*: línea base; *TM_i*: número de sesión de terapia manual; *Post_i*: seguimiento 1 semana; *Post₂*: seguimiento 8 semanas; *m*: media; *de*: desviación estándar; p_{e-g} : significancia entre grupos a través de pruebas *t*; Δ : diferencia entre cada medida y la línea base; d_{e-g} : efecto de tamaño de la *d* de Cohen estimada como la magnitud de cambio entre grupo desde la línea base a cada punto de medición, con el intervalo de confianza.

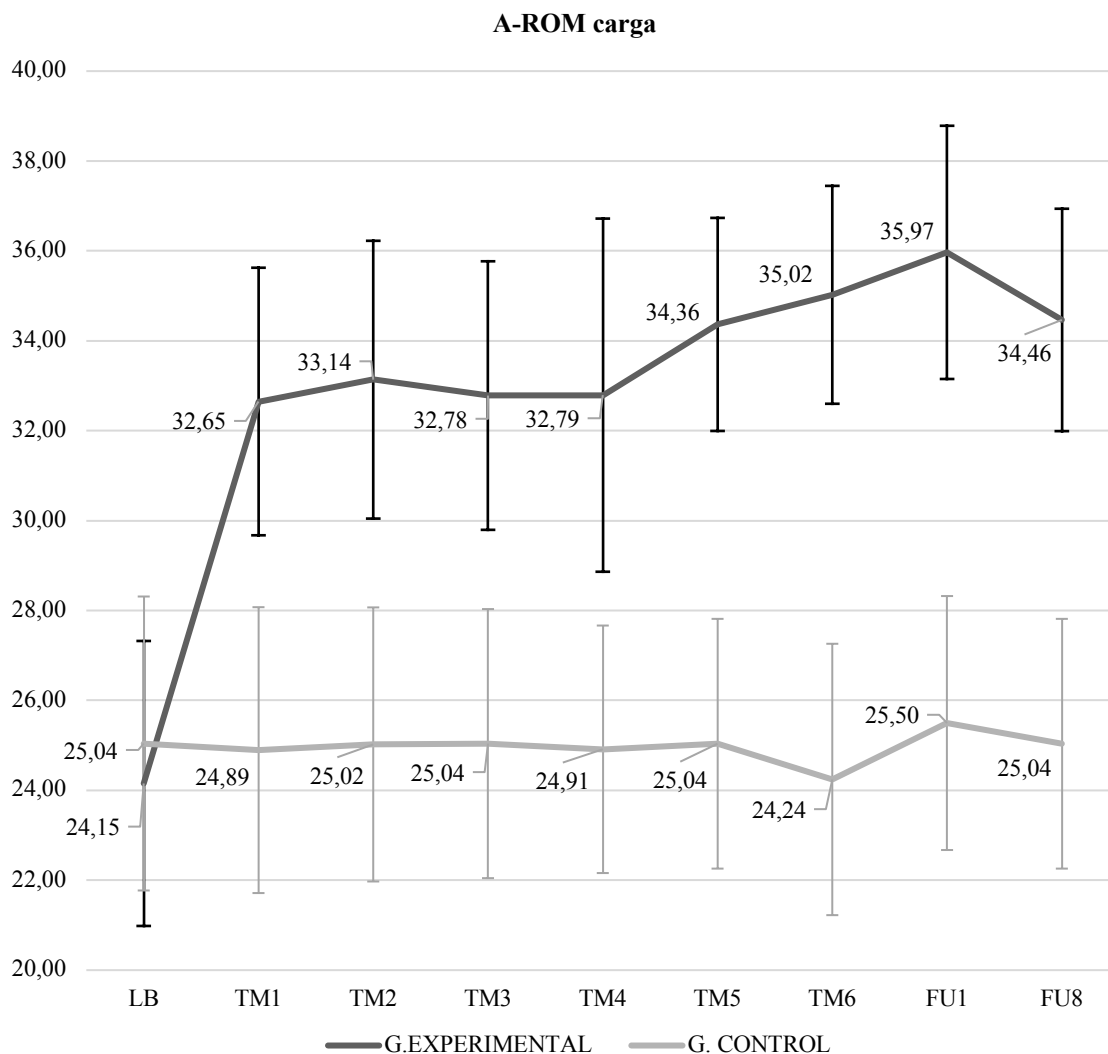


Figura 5-11. Evolución de la dorsiflexión de tobillo en carga según tiempos de medida. Los valores se expresan con sus medias y las desviaciones estándar

5.2.3. Estudio multimodal

En esta sección se muestran los resultados de la propuesta de ejercicio multimodal, en la que un programa de ejercicio específicamente orientado a mejorar el equilibrio se utilizó como intervención control, mientras que el grupo experimental, además, potenció el mismo programa de entrenamiento con tratamiento de terapia manual aplicada sobre el tobillo con limitación de movilidad.

Flujo de participantes y valores descriptivos

Fueron invitados a participar en esta fase un total de 31 adultos mayores con una edad media de $74,6 \pm 6,8$ años y de los cuales 25 (71%) eran mujeres. Uno de los sujetos no cumplió los criterios de inclusión, y dos decidieron no participar tras explicarles los detalles del estudio. Dos participantes en el grupo experimental y uno en el control no acudieron a la valoración de seguimiento a los tres meses. El diagrama de flujo puede consultarse en la Figura 5-12.

Un total de 28 adultos mayores completaron el estudio y sus datos fueron analizados, un total de 14 en el grupo experimental y 14 en el control. El cumplimiento de las sesiones de terapia manual fue del 100%, mientras que para las sesiones de entrenamiento de equilibrio fue del 99,1% para el grupo experimental y del 98,2% para el grupo control. Los datos basales se muestran en la Tabla 5-9. No se encontraron diferencias entre grupos en la línea base para ninguna de las variables ($p > 0,05$).

Efectos de la terapia manual como elemento potenciador del ejercicio

La intervención de ejercicio específico de equilibrio potenciado con terapia manual en el tobillo y pie, mostró significación en la interacción Tiempo para el estado global de equilibrio. Sin embargo, no hubo interacciones significativas para el análisis Grupo y el Tiempo x Grupo, al compararlo con el grupo control, como se muestra en la Tabla 5 - 10. El análisis intragrupo para el estado global de equilibrio, sugirió mejorías estadísticamente significativas para ambos grupos tras cuatro semanas de intervención ($p < 0,05$). Sin embargo, estas no se mantuvieron a los tres meses de haber finalizado la intervención (Figura 5-13). El tamaño de efecto para ambos grupos fue de pequeño a moderado en la escala de Berg en la medición de las 4 semanas.

Con respecto al efecto de los entrenamientos sobre el rango articular, analizado tanto para cada pie por separado como en valor medio entre ambos pies, los dos grupos mostraron mejorías significativas en tiempo en términos de rango articular del tobillo tras las cuatro semanas de intervención ($p < 0,05$). Tras tres meses, estas mejorías fueron mantenidas de manera significativa únicamente en el grupo experimental.

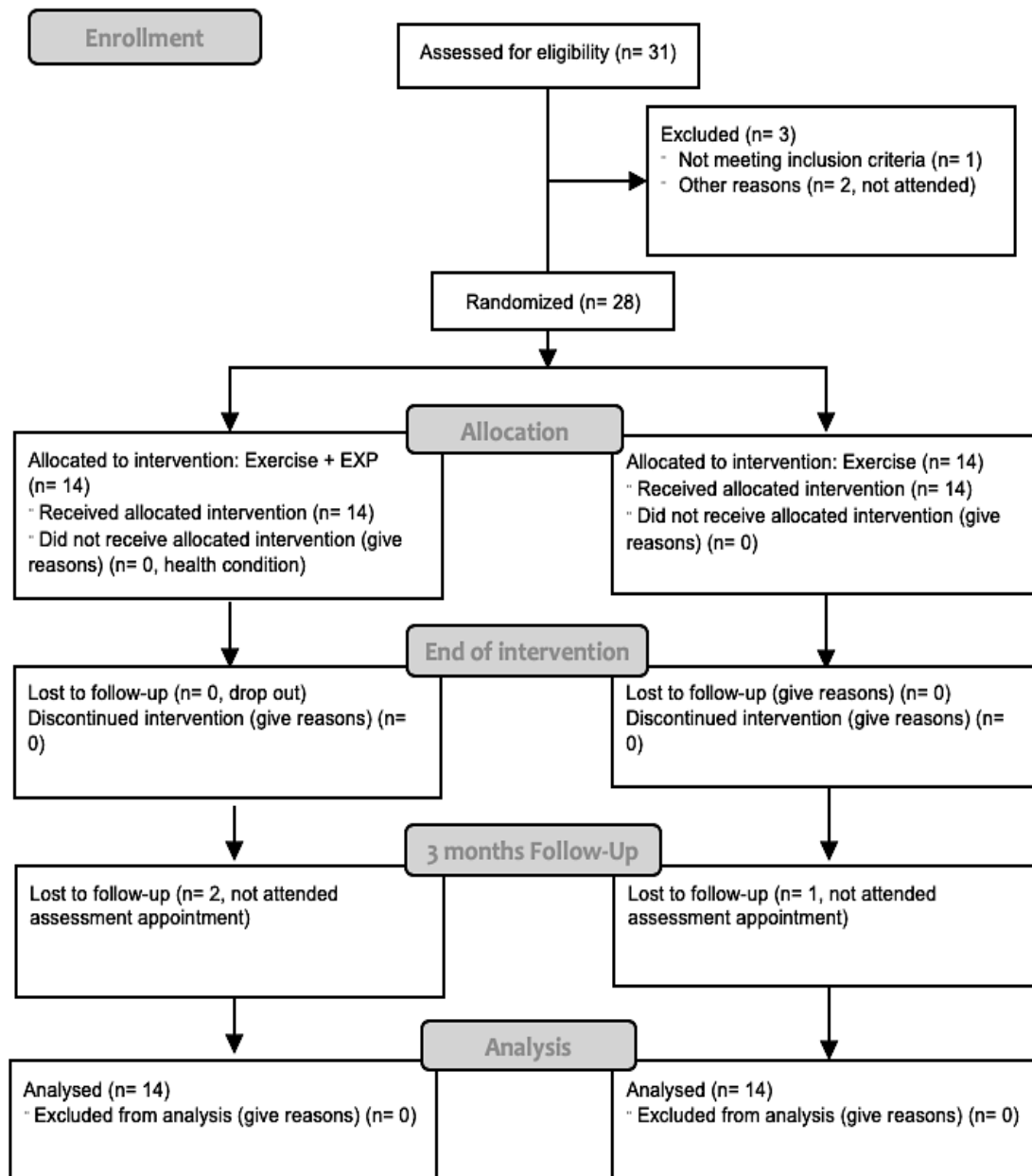


Figura 5-12. Diagrama de flujo de participantes del estudio multimodal

Tabla 5-9. Características de la muestra en la línea base

	Grupo Experimental	Grupo Control	<i>p</i>
	EE + TM	EE	
<i>Datos Demográficos</i>			
n	14	14	
Mujeres	13 (93%)	12 (86%)	
Edad (años)	76,8 ± 6,8	72,3 ± 6,8	0,09
Altura (cm)	154,4 ± 4,2	154,8 ± 5,9	0,86
Peso (kg)	73,5 ± 12,3	72,0 ± 11,4	0,75
Sesiones BT	7,86 ± 0,4	7,93 ± 0,3	0,56
Sesiones FM	4 ± 0,0	0	
<i>Medida equilibrio</i>			
BBS (score)	47,0 ± 5,9	48,8 (5,0)	0,40
<i>Medida A-ROM descarga</i>			
Derecho (°)	38,0 ± 11,1	38,2 ± 14,6	0,96
Izquierdo (°)	39,6 ± 13,9	39,3 ± 18,2	0,40
Media (°)	38,8 ± 12,4	38,8 ± 16,2	0,99

Los datos se aportan como medias ± desviación estándar; *p*: Prueba t, no diferencia si $p > 0,05$
EE: entrenamiento de equilibrio; *TM*: Movilizaciones de tobillo y pie; *BBS*: escala de equilibrio de Berg

Con respecto al tamaño de efecto para el rango articular activo en descarga, se superó el valor $d=0,8$ establecido para el estudio en la medición de los tres meses, no siendo así en la de las cuatro semanas. Estos resultados se muestran en la Tabla 5-10 y la Figura 5-13.

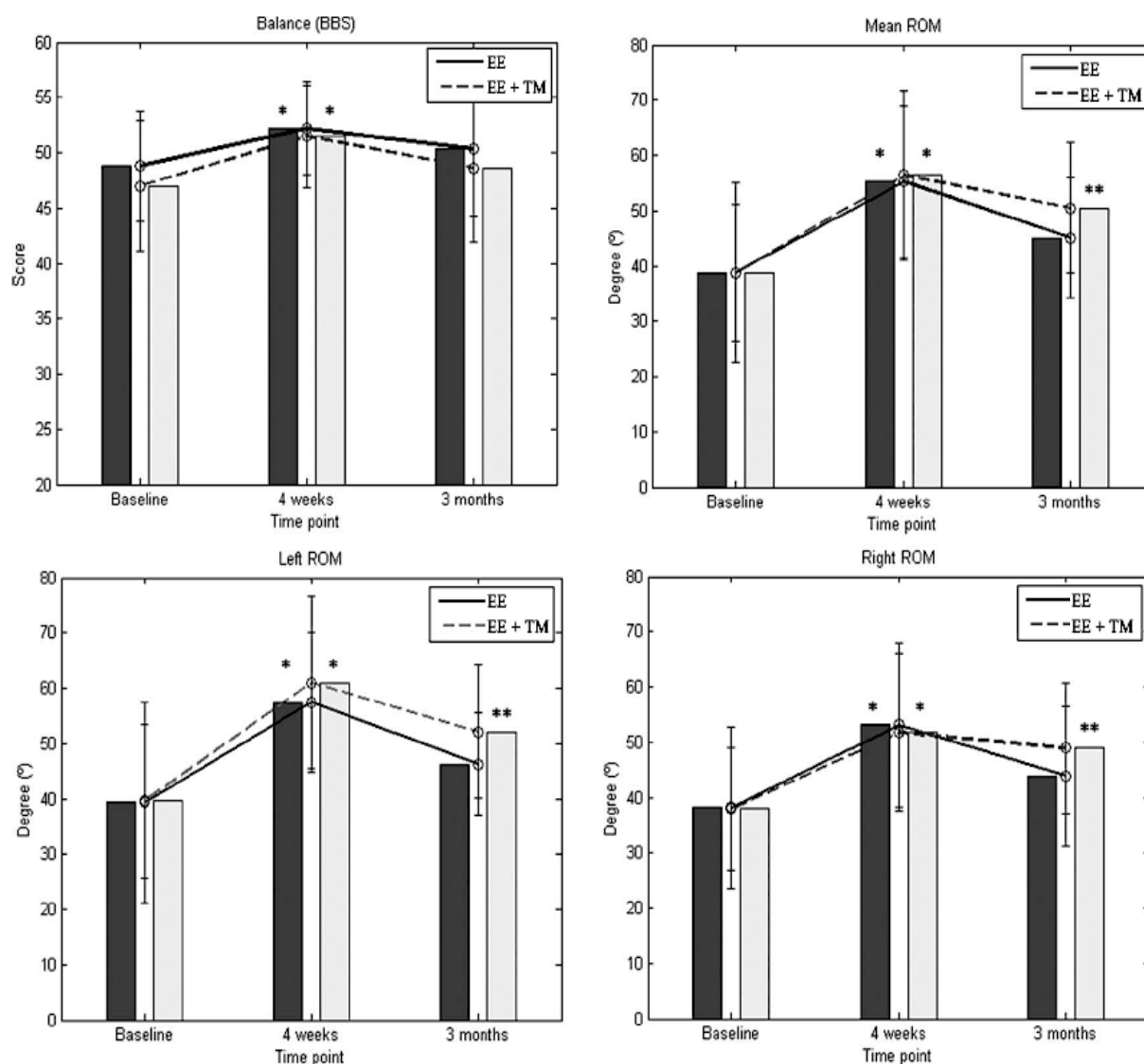
Con respecto al análisis cualitativo, ambos grupos superaron el cambio mínimo detectable propuesto para el estudio en la escala de Berg. Esta mejoría no se mantuvo en el tiempo en la medición de seguimiento. Con respecto al rango articular, ambos grupos evolucionaron hasta superar el cambio mínimo detectable a las cuatro semanas; sin embargo, sólo el grupo experimental mantuvo esta mejoría a los tres meses.

En resumen, La terapia manual no parece potenciar los efectos de un programa de equilibrio convencional a corto plazo. Ahora bien, su inclusión en la intervención es eficaz para mantener las mejoras de movilidad articular del tobillo a medio plazo.

Tabla 5-10. Comparación de los efectos del BT vs BT + FAM

	Grupo Experimental		Grupo Control		<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
	EE + TM (n=14)	EE (n=14)	<i>m</i> ± <i>de</i>	Δ [I-BL]	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
	<i>m</i> ± <i>de</i>	<i>m</i> ± <i>de</i>			<i>time</i>	<i>group</i>	<i>time</i>	(IC _{95%})
<i>Equilibrio (BBS, puntuación)</i>								
4 semanas	51,5 ± 4,6	4,5 ± 2,6	52,2 ± 4,2	3,4 ± 3,2				0,37
3 meses	48,6 ± 6,7	1,5 ± 3,4	50,3 ± 6,0	1,6 ± 1,1	<0,001	0,521	0,701	-0,04
<i>A-ROM descarga (Derecho, °)</i>								
4 semanas	51,8 ± 14,2	13,8 ± 12,4	53,1 ± 14,8	14,9 ± 15,8				0,08
3 meses	48,9 ± 11,9	10,9 ± 3,0	43,9 ± 12,6	5,7 ± 4,0	<0,001	0,768	0,409	1,47
<i>A-ROM descarga (Izquierdo, °)</i>								
4 semanas	61 ± 15,5	21,4 ± 16,6	57,5 ± 12,6	18,2 ± 17,5				0,18
3 meses	52,1 ± 12,0	12,5 ± 3,6	46,3 ± 9,2	7,0 ± 6,2	0,009	0,326	0,513	1,08
<i>A-ROM descarga (m, °)</i>								
4 semanas	56,4 ± 15,3	17,6 ± 14,9	55,3 ± 13,7	16,6 ± 16,4				0,06
3 meses	50,5 ± 11,8	11,7 ± 2,4	45,1 ± 10,9	6,4 ± 3,6	0,001	0,379	0,409	1,73

EE: entrenamiento de equilibrio; TM: movilizaciones de tobillo y pie; BBS: escala de equilibrio de Berg; *m*: media; *de*: desviación estándar; *d*: *d* de Cohen; IC: intervalo de confianza al 95%; A-ROM: rango articular activo; Δ [I-BL] = diferencia entre cada punto y la línea base



EE: entrenamiento de equilibrio; *TM*: terapia manual; (*): indica diferencias intragrupo entre las variables en la línea base y a las 4 semanas, con $p < 0,05$; (**): indica diferencias significativas intragrupo entre variables de la línea base a los 3 meses, con $p < 0,05$

Figura 5-13. Comparación de los efectos del grupo de entrenamiento de equilibrio contra el grupo al que se le añadió la terapia manual

6. Discusión

6.1. Introducción

En este capítulo se analizan, contextualizan y discuten los resultados de esta investigación. En primer lugar, se presentan los hallazgos principales. Posteriormente, el grueso de la discusión se centra en razonar nuestros resultados, contrastándolos con los obtenidos en investigaciones previas. Seguidamente, se realizan consideraciones generales sobre la investigación. Se exponen sus fortalezas, impacto clínico y aplicabilidad. Posteriormente, se reconocen las limitaciones detectadas. Por último, se analizan las necesidades futuras.

6.2. Discusión

El hallazgo principal del estudio es que el rango articular en flexoextensión del tobillo influye en el control postural del adulto mayor. Se ha verificado la hipótesis de que los sujetos que presentan una limitación de la movilidad, también presentan capacidades de equilibrio disminuidas, y viceversa. Es posible realizar esta afirmación gracias a los resultados de una investigación que fue dividida en diferentes fases. En un primer momento se comprobó la fortaleza de esta relación mediante un estudio de carácter observacional que analizó la correlación entre el rango de movimiento del tobillo y diferentes componentes del control postural del adulto mayor, así como con su capacidad predictiva del riesgo caídas. Posteriormente, se implementó una fase de carácter experimental, en la que, por un lado, se investigó el efecto que la terapia manual aplicada sobre el tobillo tiene sobre el control postural del adulto mayor, y por otro, se resolvió cuál es el volumen o dosis óptima de tratamiento. Por último, se investigó la posibilidad de que la terapia manual pudiera potenciar los efectos de un programa de ejercicio convencional para mejorar el equilibrio del adulto mayor, dado el carácter multifactorial de este complejo mecanismo que es el equilibrio. Debido a que

cada uno de los estudios exige de cierta atención, se procede a discutir de manera individualizada los hallazgos más importantes de cada uno de ellos.

6.2.1. Relación entre el rango articular del tobillo y el control postural

Los resultados de este estudio demostraron que, tal y como se planteaba en la hipótesis, los sujetos que tienen mayor limitación del rango articular de tobillo presentan peores puntuaciones tanto en variables estimadoras de las capacidades de equilibrio como en aspectos relacionados con las caídas. Ahora bien, un descubrimiento importante es que el grado o nivel de asociación también depende de si la movilidad del tobillo se considera bajo condiciones de carga o descarga. Efectivamente, el tobillo soporta gran parte del peso del cuerpo humano, y se encuentra en condiciones de carga siempre que el sujeto realiza alguna actividad funcional ya sea estática, como permanecer de pie, o dinámica, como andar, levantarse de la silla o subir escaleras. A continuación, analizamos de manera individualizada ambas condiciones y el grado de asociación.

Con respecto a la asociación con el rango articular del tobillo en carga, los resultados indican que cuanto mayor es la movilidad en dorsiflexión, el sujeto presenta mejor estabilidad, mejor equilibrio dinámico y una menor preocupación de sufrir una caída, según los sistemas de puntuación descritos. Efectivamente, estos componentes del equilibrio y caídas presentan una correlación alta. Por otro lado, también existe asociación, aunque de carácter más débil, entre el rango en carga y el equilibrio estático monopodal. Cabe destacar que apenas existen estudios previos que hubieran medido esta asociación con el rango de movimiento articular del tobillo en carga.

Sin embargo, la relación entre la movilidad del tobillo y el equilibrio pierde fuerza cuando el rango articular de movimiento activo se considera en descarga. En este caso, la correlación fue de carácter moderado con respecto a las variables de equilibrio estático monopodal y de equilibrio dinámico. Para el resto de variables, nuestros resultados sugieren que no existe una asociación estadísticamente significativa. Ahora bien, cabe puntualizar que las variables de equilibrio que tienen mayor nivel de asociación con el rango en carga, también lo tienen con el rango en descarga y

viceversa, aunque este nivel de asociación es menor en términos estadísticos para el rango en descarga. De manera general, se observa que a menor carga que requiera la prueba de equilibrio realizada, menor es el nivel de asociación que se encuentra.

Estas diferencias nos llevaron a comprobar de manera adicional el nivel de asociación existente entre el rango de movilidad de tobillo en carga y descarga. Se observó que ambas presentan una correlación de tipo moderado, lo que coincidiría con lo anteriormente sugerido por el estudio de Rabin & Kozol.⁹⁸ Como implicación práctica, estos resultados confirman la conveniencia de valorar, tanto en clínica como en investigación, el rango articular en carga debido a que muestra una asociación más fuerte con ciertos aspectos del control postural. Y si es posible también incluir mediciones en descarga, debido a que los datos varían lo suficientemente entre ellos como para, al menos, tenerlos en cuenta por separado. En definitiva, al comparar los resultados obtenidos para ambas variables, parece ser que el rango de movimiento en carga presenta mayor asociación con el control postural que en descarga, quizás debido a que es el valor más representativo del movimiento del tobillo ante condiciones fisiológicas.⁹⁸

Centrándonos en la importancia clínica de la movilidad del tobillo y su relación con el equilibrio y las caídas en el adulto mayor, ésta fue analizada de manera previa por algunos anteriormente, aunque bajo diferentes supuestos.^{67,72,73,131} Mecagni et al.⁶⁷ encontraron asociaciones significativas con la movilidad funcional y la estabilidad, demostrando semejanza con los datos obtenidos en nuestro estudio. Menz, Morris & Lord,¹³¹ comprobaron la asociación de diferentes características del pie, como puede ser la flexibilidad articular del tobillo, con el equilibrio y la habilidad funcional del adulto mayor, encontrando relación entre una menor movilidad del tobillo y la estabilidad, la habilidad funcional y, en menor medida, con el equilibrio estático, medido a través del balanceo postural. Posteriormente, los mismos autores investigaron de manera prospectiva la asociación que diferentes características del pie tienen con aspectos como la flexibilidad de tobillo y las caídas, encontrando una relación entre tener limitación y sufrir más caídas.⁷² Por último, Spink et al.⁷³ también hallaron relaciones entre el equilibrio y la habilidad funcional con el rango de movimiento del tobillo, pero sobre todo con el movimiento de inversión y eversión. Respecto a las mediciones del rango articular del tobillo, el estudio de Spink et al.⁷³ fue el único que midió el rango articular

en carga para la dorsiflexión, encontrando relaciones muy débiles con algunos aspectos del control postural, mostrando alguna similitud con nuestros hallazgos.

Teniendo en cuenta los hallazgos de nuestro estudio y la bibliografía previa, podemos afirmar que parece existir un consenso generalizado en la relación positiva que existe entre el rango articular del tobillo y diferentes aspectos del control postural en el adulto mayor.

Rango articular del tobillo como predictor de caídas

Una de las cuestiones todavía sin resolver en la literatura actual es si una limitación del rango del tobillo en flexoextensión puede considerarse como un indicador o predictor de un riesgo de caídas incrementado en el adulto mayor. Para darle solución se realizó un estudio probabilístico. Se utilizaron diferentes sistemas de puntuación del equilibrio para los que la literatura ha establecido umbrales o puntos de corte que son indicadores del riesgo de caídas. Relacionando dicho riesgo con la existencia de un rango de movilidad de tobillo limitado, nuestros resultados confirmaron que, efectivamente, existe un mayor riesgo de sufrir una caída si se tiene un rango de movimiento del tobillo en carga limitado.

El rango en descarga fue predictor de riesgo de caída en tres de las cinco variables evaluadas. Ahora bien, estos datos deben ser interpretados con precaución, pues los modelos no alcanzaron niveles de significación del 95%. Si bien es cierto, que estos permiten intuir la capacidad del rango articular como predictor del riesgo de caídas, todavía es necesario realizar estudios que refuercen nuestros hallazgos.

Existe escasa bibliografía que haya investigado sobre este tema. Las investigaciones se han limitado a valorar de manera general la capacidad de predecir si determinados problemas en el pie producen alteraciones en el equilibrio y en la habilidad funcional. Sin embargo, ningún estudio se focalizó específicamente en las caídas o en el riesgo de caída, siendo nuestro estudio pionero en este ámbito en el adulto mayor. El estudio de Menz, Pot & Lord,⁶ valoró la relación entre una serie de problemas de salud en el adulto mayor y el equilibrio. Uno de sus principales hallazgos fue que la presencia de problemas en el pie podía considerarse un predictor de alteraciones en la habilidad

funcional y la estabilidad. Por otro lado, aunque este estudio muestra semejanza con nuestros resultados, no es posible contrastarlos debido a que en su estudio consideró problemas globales en el pie, y no problemas específicos de movilidad articular. Posteriormente Menz, Morris & Lord,¹³¹ continuaron con la línea de investigación, esta vez analizando por separado diferentes problemas o características que podía presentar el pie. También el estudio de Spink et al.⁷³ siguió su mismo ejemplo unos años después. Ambos estudios encontraron capacidad de predicción de la limitación del rango de movilidad del tobillo, para alteraciones en el equilibrio estático, estabilidad, habilidad funcional y movilidad.^{73,131} Sus resultados muestran cierta similitud con los de nuestra investigación, de modo que la evidencia parece dar importancia a la necesidad de una correcta artrocinemática del tobillo para reducir el riesgo de caídas; sin embargo, la escasa literatura disponible hace necesario proseguir con investigaciones que soporten nuestros hallazgos para poder realizar estas afirmaciones de manera concluyente.

6.2.2. Importancia de la terapia manual en el control postural del adulto mayor

La comprobada asociación entre el rango articular del tobillo y el control postural del adulto mayor, así como su aparente capacidad predictiva del riesgo de caídas, nos llevó a investigar la eficacia que las técnicas de terapia manual orientadas a restaurar la movilidad articular del tobillo, tienen para mejorar el control postural en el adulto mayor.^{21,101} Como hallazgo principal, nuestros resultados mostraron que la terapia manual aplicada sobre el tobillo afecta de manera positiva el control postural del adulto mayor.

Nos encontramos con que los estudios previos existentes emplearon metodologías diversas, por ejemplo, distintos diseños, número de sesiones o técnicas de medición, entre otros. Quizás esto es lo que ha llevado a que los hallazgos sean muy dispares, y por lo tanto todavía no concluyentes hasta la realización de este trabajo.^{18,21,22,24,25,101} La poca congruencia en la literatura previa, hace necesario un análisis individualizado y detallado de los estudios.

Dos aspectos sobre los que no existe unidad de criterios con la literatura previa, son el volumen óptimo, en términos del número de sesiones de terapia manual, y la intensidad del tratamiento que resulta más eficaz.

Con respecto al primero, los estudios previos realizaron propuestas de intervención con un número de sesiones que varió desde la aplicación de una única sesión en algunos estudios, encontrando hasta un máximo de doce sesiones.^{24,101} Se puede observar que las propuestas presentan gran diferencia. Por este motivo, en nuestro estudio se optó por evaluar los efectos de una solución pragmática pero suficiente, con número de sesiones intermedio, un total de seis.

En relación a la intensidad de las movilizaciones, se decidió aplicar una igual o superior a la utilizada en los estudios previos, con el fin de que la intervención fuera lo más eficaz posible. Existe una relación directa entre la intensidad y los efectos que se consiguen sobre la articulación, en términos de rango articular. Aplicar maniobras con una intensidad alta, supone una mayor ganancia, que aquellas aplicadas con intensidades menores.⁷⁸ De acuerdo a Green et al.⁷⁴ el grado III y IV de las movilizaciones favorecen la adaptación del tejido viscoelástico a nivel articular. Sin embargo, los estudios previos no presentan uniformidad en la intensidad que debe ser utilizada, aplicando intensidades que varían desde movilizaciones dentro del rango articular hasta movilizaciones de grado III. En el estudio de Gong, Park & Ma se propuso combinar movilizaciones de grado III y IV.^{21,24,101} En nuestra investigación se aplicó una terapia con intensidad de grado IV, con el propósito de actuar sobre el movimiento accesorio del tobillo, y llegar al final de la resistencia de los tejidos periarticulares.^{20,75,78}

Considerando el razonamiento sobre el número de sesiones e intensidad de tratamiento aplicada, se exponen los principales hallazgos teniendo en consideración los efectos de la terapia manual sobre los resultados de interés: rango articular, equilibrio y caídas.

Efectos de la terapia manual sobre el rango articular

Los resultados sugieren que aplicar un protocolo consistente en seis sesiones de terapia manual en el tobillo del adulto mayor con limitación articular, produce una mejoría en el rango articular de flexoextensión. Este efecto se contempló tanto para el rango activo en descarga como en carga, obteniendo tamaños de efecto más que notables a nivel práctico. El tratamiento consistió en una única maniobra de posteriorización del astrágalo, orientada a mejorar la dorsiflexión del tobillo. Resulta interesante observar que su aplicación tuvo un impacto global en el movimiento de flexoextensión. Esto hace hincapié en la importancia clínica del rango accesorio del tobillo en su movilidad.²⁰

Previamente, hasta cuatro estudios aplicaron terapia manual sobre el tobillo del adulto mayor y valoraron el rango articular. Dos de ellos se limitaron a actuar sobre la articulación del tobillo,^{21,24} mientras que los otros realizaron movilizaciones en tobillo y pie.^{22,101} Por otro lado, ninguno de los estudios coinciden en la metodología a la hora de valorar el rango de movilidad en flexoextensión. Tampoco hubo consenso en el número de sesiones de terapia manual, que variaron entre una y doce. En tres de los estudios mencionados se realizaron mediciones del rango articular del tobillo activo y en descarga; el cuarto realizó una medición de la movilidad pasiva. Además, algunos estudios utilizaron mediciones del rango de movimiento articular completo en flexoextensión, mientras que en otros se analizaron por separado los componentes del movimiento en flexión plantar y en flexión dorsal. Respecto a los efectos sobre el rango articular, aquellos que utilizaron un protocolo de sesiones múltiples muestran resultados más consistentes que aquellos que se decantaron por aplicar una única intervención, independientemente del tipo de movilizaciones realizadas.^{21,22,24,101}

Ningún estudio previo evaluó los efectos de la terapia manual sobre el rango articular del tobillo en carga, siendo nuestro estudio pionero al respecto. Debido a esto, no es posible realizar una comparación con bibliografía previa. Según nuestros resultados, la forma de medir el rango articular del tobillo que mostró mayor evolución fue la que se realizó en carga. Como hemos introducido, este trabajo nos permite deducir que valorar la movilidad de esta manera parece ser más sensible a los cambios

en la movilidad de la articulación, quizás debido a que se reproduce de manera más estricta la movilidad del tobillo en condiciones fisiológicas.⁹⁸

Efectos de la terapia manual sobre el control postural

Nuestros resultados indican que un protocolo de seis sesiones de terapia manual sobre el tobillo fue efectivo para mejorar diversos componentes del control postural del adulto mayor con limitación articular en el tobillo. Se observa que la propuesta produce una mejoría en gran parte de las medidas utilizadas. Adicionalmente, las mejorías se acompañaron de grandes tamaños del efecto, demostrando una eficacia práctica de la intervención. El único componente que no mostró una mejoría estadísticamente significativa fue el equilibrio estático bipodal, posiblemente debido a que no es necesaria de una gran movilidad en el tobillo para permanecer en esta posición. En las siguientes líneas se discuten los resultados para cada una de las variables medidas y su implicación práctica.

La terapia manual sobre el tobillo produce efectos positivos sobre el equilibrio estático y la estabilidad valorada con el test de apoyo monopodal.¹¹⁴ Tras la intervención, se observó una mejoría significativa con un gran tamaño de efecto, superando el cambio mínimo detectable en más de 3 segundos. Parece ser que el cuerpo necesita de un mayor rango articular a la hora de permanecer en posición estática monopodal, quizás debido a que, en esa posición, su base de sustentación es más pequeña. Únicamente dos estudios previos evaluaron los efectos de la terapia manual en la estabilidad monopodal. Aunque no mostraron similitud en la dosis empleada de terapia manual, ambos obtuvieron resultados positivos tras la intervención, asemejándose con los resultados obtenidos en nuestro estudio.^{18,21}

Aumentar el rango articular el tobillo mejora la estabilidad del sujeto medida con un test de alcance funcional. Nuestros resultados indican que cuanto mayor es la capacidad de movilidad del tobillo, el cuerpo tiene una mayor capacidad para migrar el centro de gravedad dentro de la base de sustentación sin desequilibrarse, haciendo un uso correcto de la estrategia de tobillo.¹³² El test de alcance funcional presentó el tamaño de efecto práctico más grande de los medidos. Al contextualizar con la bibliografía previa, tres artículos valoraron la estabilidad a través de pruebas de alcance funcional, utilizando

tanto la variante de alcance en dirección lateral en dos de ellos, como en dirección anterior, tal como se plantea en nuestro estudio.^{18,21,24} Únicamente el estudio que realizó más de una sesión mejoró la estabilidad lateral, lo que es consistente con nuestros resultados. Por este motivo, parece que se necesita un volumen de tratamiento mayor de una sesión para influir sobre la estabilidad.^{2,109,132}

Por otra parte, nuestros resultados sugieren que la terapia produce efectos positivos sobre el equilibrio dinámico y el movimiento funcional de las personas mayores, medido a través del TUG Test. El tamaño de efecto resulta grande, superando de manera considerable lo establecido para el estudio, aunque no fue capaz de superar el cambio mínimo detectable estipulado. Dentro de las acciones que se evalúan en esta prueba, la marcha no necesita de un gran rango de movilidad en el tobillo, no siendo así para la acción de levantarse o sentarse de un asiento.^{1,33} Tras revisar la bibliografía, se encontraron tres estudios que utilizaron esta misma variable. En dos se hallaron mejoras significativas tras la intervención: uno realizó una única intervención, pero movilizó tanto el tobillo como el resto del pie, y el otro, realizó únicamente movilizaciones en el tobillo, coincidiendo con nuestra propuesta.^{18,21,24} La literatura parece sugerir que la mejora del equilibrio dinámico requiere bien de un cierto volumen de tratamiento en el tobillo, o que se acompañe de movilizaciones del resto de articulaciones del pie.

Por último, si nos centramos en las medidas posturográficas, se observó que la terapia manual no produjo mejorías estadísticamente significativas ni en el área barrida por el centro de gravedad, ni en la velocidad de movimiento angular, ya fuera con ojos abiertos o cerrados. Estudios previos evaluaron este aspecto en el adulto mayor, con resultados diversos.²²⁻²⁵ El estudio de Gong, Park & Ma,²³ fue el único con resultados positivos; sin embargo, no presentaron semejanza con los obtenidos en nuestro estudio. Se desconoce el motivo, aunque especulamos que pudo ser debido a la realización de movilizaciones globales de tobillo y el pie, en vez de focalizadas en el tobillo. El resto de estudios aplicaron una única sesión de intervención, y los resultados diversos deducen que los efectos de la terapia manual no son concluyentes para el equilibrio estático.^{22,24,25} Nuestro estudio nos ha permitido argumentar que, el hecho de que los valores posturográficos se mantengan constantes tras el tratamiento, se podría explicar por el hecho de que para mantener una posición bipodal estática no es necesario hacer uso de gran parte del movimiento del rango articular del tobillo. Efectivamente, la

prueba Romberg fue diseñada para detectar otro tipo de deficiencias en el equilibrio, e influyen aspectos como la sensibilidad cutánea plantar, o la correcta integración de la información en los centros superiores, y sobre todo el funcionamiento de cordones posteriores, más que una buena movilidad articular del tobillo en flexoextensión.^{1,2,12,54,133}

Efecto de la terapia manual sobre las caídas

Se utilizó la escala FES-I con el fin de valorar los efectos de la terapia manual sobre la preocupación de sufrir una caída. Se puede observar que el grupo experimental muestra mejorías significativas con respecto al grupo control tras la intervención, con un tamaño de efecto moderado. Al considerar el riesgo de caídas establecido con esta prueba, únicamente el grupo experimental consiguió rebajarlo de alto a moderado.¹²⁷ Debido a la subjetividad de este test, y al poco tiempo que transcurrió entre ambas medidas, este dato se puede considerar como relevante al demostrar los efectos positivos que puede tener la terapia manual sobre la preocupación de sufrir una caída a corto plazo.

Ningún estudio previo midió variables de miedo a la caída, con lo que no es posible contrastar los resultados. Ahora bien, podemos afirmar que este tipo de escalas deben considerarse como un elemento útil, ya que aporta información subjetiva importante sobre la percepción que tiene el adulto mayor respecto a las caídas. Efectivamente, una preocupación o miedo ante la posibilidad de sufrir una caída puede hacer que el adulto mayor modifique sus hábitos a la hora de realizar actividades diarias básicas. Algunos ejemplos incluyen un menor interés en salir a la calle precisamente por esta preocupación, o incluso limitar la higiene por miedo a caerse en entornos como la bañera. Por otro lado, queda la duda de cuáles hubieran sido los resultados si se hubieran realizado evaluaciones a medio plazo, con más tiempo para modificar de manera positiva la percepción del sujeto y su auto-confianza tras la intervención. Se puede afirmar, para finalizar, nuestros resultados sugirieron que mejorar el rango articular en el tobillo parece repercutir de manera positiva a reducir la preocupación a sufrir una caída en el adulto mayor.

6.2.3. Dosis-respuesta de la terapia manual en la movilidad de tobillo

La dosis óptima de terapia manual que hay que aplicar para mejorar la movilidad de tobillo es un tema escasamente investigado, y nunca en el adulto mayor.^{78,87} Para resolverlo, se evaluó: la dosis-respuesta de seis sesiones de terapia manual aplicada en el adulto mayor con limitación de movilidad articular de tobillo, los efectos acumulativos de la terapia, y los efectos a corto y medio plazo para comprobar el denominado efecto de desentrenamiento o pérdida de efecto.

El hallazgo principal es que una única sesión produce mejorías significativas en el rango de movimiento en dorsiflexión en carga del tobillo, medido a través del Lunge Test, con un gran efecto práctico. Este hecho es importante en términos clínicos, debido a que las mejorías exceden el umbral del cambio mínimo detectable para este test. Los resultados sugieren que los adultos mayores deben someterse a cinco sesiones de tratamiento para superar en dos veces este umbral. Además, revelan que los efectos de seis sesiones se mantienen en el tiempo, al menos hasta dos meses. Estos clarifican en gran medida la tasa de dosis-respuesta de la propuesta, y refuerzan la hipótesis de que las movilizaciones de tobillo son una forma eficaz de mejorar la limitación articular en el adulto mayor.^{21-23,94} Analizamos en mayor detalle estos hallazgos en los siguientes apartados.

Efectos de una sesión

En general, las técnicas de movilización articular están orientadas a mejorar la biomecánica articular y a restaurar las limitaciones funcionales. En la práctica clínica, cuando se plantea un tratamiento se deberían considerar una serie de factores, por ejemplo: el grado de intensidad, la frecuencia de oscilación, la duración de tratamiento y el volumen de terapia o número de sesiones. Hasta la fecha, éste último no había sido evaluado de manera exhaustiva en el adulto mayor con limitación del rango de tobillo. Ahora bien, investigaciones previas sí evaluaron los efectos de una única sesión. Los hallazgos no fueron consistentes, obteniéndose efectos que variaron de positivos a inexistentes.^{22,24} Las diferentes metodologías utilizadas por los estudios en lo referente a la técnica de medición de resultados empleada sesga las posibles comparaciones, ya que

se utilizaron mediciones de rango de movimiento del tobillo pasivo y activo en descarga.^{22,24} Por contra, nuestra investigación se centró en evaluar los efectos en el rango de movimiento del tobillo en carga. Como ya venimos discutiendo, la razón fue que la mayor parte de las actividades diarias básicas se realizan precisamente en carga.⁹⁸ Sobre este supuesto, nuestros resultados sugirieron que una sola sesión sí es suficiente para producir mejorías clínicamente importantes.

Efectos acumulados del tratamiento

Con respecto a la respuesta fisiológica producida por un mayor número de sesiones, la literatura parece deducir que volúmenes más grandes potencian los efectos de una sola sesión. Por ejemplo, investigaciones anteriores mostraron que doce sesiones administradas en cuatro semanas fueron efectivas para mejorar el rango activo del movimiento del tobillo en adultos mayores.^{21,23} Sin embargo, se puede observar que existe una gran diferencia tanto en tiempo como recursos entre administrar doce sesiones o una sola sesión. El presente estudio permite aclarar cuáles son los efectos acumulativos de hasta seis sesiones de tratamiento. Los resultados indican que, tal y como se ha comentado, una sesión tiene un efecto grande, pero también que el efecto subsecuente es pequeño a partir de la segunda sesión. El análisis también revela que cinco sesiones podrían ser un punto de inflexión en el que las mejorías de la movilidad merecen una consideración tanto en términos estadísticos como clínicos, ya que el umbral de cambio mínimo detectable del rango de dorsiflexión en carga se supera en más de dos veces aplicando este volumen de tratamiento.¹⁰⁷

Efectos a corto y medio plazo

Los efectos a medio y largo plazo son de gran relevancia en términos clínicos. Sin embargo, las evaluaciones de seguimiento suelen ser escasas en investigación. En este trabajo, las evaluaciones realizadas tras una y ocho semanas de la intervención experimental revelaron hallazgos notorios. Por un lado, los efectos de la terapia manual basada en movilizaciones de tobillo parecen tardar un tiempo en madurar, ya que los resultados se ven potenciados a corto plazo (una semana). Por otro, los resultados indican que las mejorías se mantienen a medio plazo (ocho semanas). Este no es un

resultado aislado. Salvando las diferencias con estudios previos en lo referente al diseño metodológico, nuestros resultados reforzarían lo sugerido por tres estudios anteriores, en los que se utilizaron técnicas de movilización de tobillo bien para mejorar el equilibrio en adultos mayores,⁹⁴ o bien para resolver inestabilidades crónicas del tobillo.^{95,96} Todos fueron consistentes en afirmar la existencia de efectos potenciadores de la propuesta a corto y medio plazo.

6.2.4. Propuesta multimodal

Dado el carácter multifactorial y el número de sistemas implicado en el equilibrio del cuerpo humano, una parte de esta tesis se centró en evaluar precisamente una propuesta de intervención multimodal. Con el fin de abordar un mayor número de componentes, la propuesta se basó en la implementación de un programa de ejercicio convencional para mejorar el equilibrio del adulto mayor, que fue aumentado con movilizaciones sobre el tobillo y el pie para corregir limitaciones biomecánicas. El principal hallazgo fue que cuatro semanas de entrenamiento junto con cuatro sesiones de terapia manual no fueron más efectivas que realizar únicamente el entrenamiento de equilibrio convencional a la hora de aumentar el equilibrio global, medido con la escala de Berg tras la intervención y a medio plazo. Con respecto al rango articular, este estudio encontró que el entrenamiento de equilibrio mejoró de manera significativa el rango articular del tobillo, sin importar si los participantes recibieron algún tipo de movilización. Sin embargo, el efecto del desentrenamiento fue diferente en este caso, debido a que la mejoría en el rango articular del tobillo persistió al menos tres meses únicamente en el grupo experimental. Por tanto, la intervención multimodal propuesta no mejora el equilibrio más allá del entrenamiento convencional. Sin embargo, es importante tener en cuenta los efectos de la terapia manual, debido a que los beneficios sobre el rango articular parecen mantenerse en el tiempo, pudiendo conferir beneficios a largo término en el adulto mayor con limitación de movilidad de tobillo.

Los resultados refuerzan la evidencia de que el entrenamiento de equilibrio es efectivo en el adulto mayor,¹³⁴ al conseguir mejoras significativas en el equilibrio, en términos de la escala de Berg, la cual llega a exceder en 3,3 puntos el cambio mínimo detectable recomendado por Donoghue et al.¹²⁴ Curiosamente, pese que el grupo

experimental fue el único que recibió un tratamiento específicamente orientado para corregir la limitación articular, todos los participantes mostraron una mejoría en la movilidad articular. Una posible razón podría ser que la ejecución de los ejercicios de equilibrio pudiera haber movilizó la articulación del tobillo más allá de la actividad normal que realizaran los participantes en sus actividades diarias, y esto llevara a la mejoría en la función del tobillo.¹³⁵

Los estudios con propuestas de intervención multimodales son cada vez más comunes.^{136,137} Sin embargo, el entrenamiento de equilibrio aumentado con terapia manual en adultos mayores se considera una práctica novel. Una intervención parecida se realizó en individuos con inestabilidad crónica de tobillo, y los resultados fueron consistentes con nuestros hallazgos.⁹⁶ En nuestro estudio los grupos de entrenamiento de equilibrio presentaron efectos post tratamiento similares, mientras que solo el grupo con un entrenamiento aumentado mantuvo algunas de las mejorías. En efecto, McKeon & Wikstrom,⁹⁵ que evaluaron la efectividad de diferentes estrategias sensoriales para la rehabilitación de tobillos inestables, sugirieron que cuando se aplica terapia manual en el pie, parece ser necesario un tiempo para que se evidencien los resultados.

Es necesario mencionar las posibles influencias que la metodología propuesta puede haber tenido en los resultados. Algunos autores implementaron el tratamiento adicional antes del entrenamiento de equilibrio y encontraron un incremento tras el tratamiento, pero no encontraron diferencias entre grupos.^{96,138} Esto es coincidente con nuestros resultados, y queda sin resolver si esta modalidad podría perjudicar o aumentar una con otra, e implementando la terapia manual previa al entrenamiento de equilibrio puede mejorar la movilidad produciendo un estímulo sensomotor o si realizándolo tras el entrenamiento podría potenciar los efectos del entrenamiento a priori.

Otro factor importante es la relación de la dosis-respuesta de la terapia manual con respecto a este estudio. De la poca literatura previa que existe hasta el momento, una única sesión parece ser efectiva, aunque no concluyente, mientras que dosis mayores parecen ser más efectivas.^{22,24} Nuestra experiencia clínica y el análisis de literatura previa nos llevó a proponer una dosis intermedia de cuatro sesiones en cuatro semanas. Por otro lado, otro aspecto importante sería la intensidad de las movilizaciones. Debido a que en esta parte del estudio se iba a realizar una movilización más extensa, actuando

sobre tobillo y pie, se optó por una intensidad parecida a la mayoría de los estudios, un grado III.^{21,24} Quizás aumentar la intensidad a un grado IV hubiera aportado datos diferentes al respecto.

En vista a estos resultados, es necesario seguir investigando los efectos de la terapia manual como elemento potenciador del ejercicio específico para el equilibrio con diferentes dosis. Por tanto, entendemos que están justificadas futuras búsquedas de tratamientos en el tobillo y en el pie con el fin de mejorar el equilibrio del adulto mayor, debido a sus previsibles beneficios.

6.3. Consideraciones generales y síntesis de resultados

Los resultados del estudio nos permiten realizar las siguientes consideraciones generales:

- El rango articular del tobillo en el adulto mayor muestra un alto nivel de asociación con el equilibrio dinámico y la estabilidad, y de manera más débil con el equilibrio estático y con la preocupación de sufrir una caída. Aunque esta relación varía según se mida el rango en carga o en descarga.
- Con respecto a si el rango articular puede ser predictor de caídas, parece existir mayor probabilidad de sufrir una caída cuanto más limitada sea la movilidad. Esta relación varía según la medida utilizada para el control postural y para el rango articular. Debido a que los datos no fueron significativos, no se pueden considerar concluyentes.
- Mejorar el rango articular de un tobillo limitado en el adulto mayor con terapia manual produce una mejoría en ciertos aspectos del control postural, como son el equilibrio estático monopodal, el dinámico y la estabilidad y, en menor medida, en la preocupación de sufrir una caída.
- Sobre la dosis-respuesta necesaria con el fin de mejorar el rango articular en un tobillo con limitación en el adulto mayor, una única sesión es suficiente como para producir un efecto importante en términos clínicos. Sin embargo, cinco sesiones consiguen una ganancia aún mayor. Este beneficio se mantiene en el tiempo, hasta ocho semanas tras finalizar la intervención.
- La terapia manual aplicada sobre el tobillo y el pie no parece tener propiedades potenciadoras del ejercicio específico para mejorar el equilibrio. Sin embargo, sí que parece ayudar a mantener en el tiempo la mejoría en la movilidad articular del tobillo hasta las doce semanas.

6.4. Fortalezas, impacto clínico y aplicabilidad

Este estudio presenta una serie de fortalezas:

- Primero, se aportan resultados con respecto de la relación que existe entre el rango articular del tobillo y el control postural y el riesgo caídas en el adulto mayor, contribuyendo a aumentar la escasa evidencia existente.
- Segundo, este estudio contribuye a resolver los efectos positivos que tiene la terapia manual sobre el control postural en el adulto mayor.
- Tercero, es la primera vez que se investiga sobre la dosis-respuesta, en número de sesiones, de la terapia manual necesaria para conseguir una mejoría en el rango de movilidad del tobillo en esta población.
- Cuarto, hasta el momento, no se había realizado un estudio dentro de la población del adulto mayor sobre los efectos combinados de la terapia manual y el ejercicio.
- Quinto, se han comprobado en diferentes puntos del estudio los posibles efectos a corto y medio plazo, algo poco usual en este tipo de investigación dentro de esta población.
- Sexto, al aplicar altos estándares metodológicos, podemos asumir que es un estudio con muy poco sesgo en términos de generación de la secuencia aleatoria, de ocultamiento de la asignación, de cegamiento del personal, de cegamiento de los evaluadores del resultado, de datos de resultado incompletos y de la notificación selectiva de los resultados.

Con respecto al impacto clínico, se pueden enumerar también diferentes puntos a considerar:

- Primero, el rango de movilidad articular del tobillo parece tener capacidad de predecir las alteraciones en el control postural del adulto mayor, debido a mostrar cierta relación con este.
- Segundo, la terapia manual resulta una herramienta útil para restaurar el rango articular del tobillo y así influenciar de manera positiva sobre el control postural en el adulto mayor.

- Tercero, el número de sesiones necesarias para mejorar el rango articular del tobillo es un factor a tener en cuenta, debido a que, aunque una única intervención mejora de manera clínicamente importante la movilidad, mientras que realizar múltiples sesiones producirá una ganancia aún mayor que perdurará en el tiempo.
- Cuarto, la intensidad de la movilización es un elemento a considerar, ya que a mayor intensidad mayor es el efecto sobre la articulación en términos de ganancia sobre el rango articular.
- Por último, la terapia manual, aunque no potencia el trabajo de equilibrio, ayuda a que la mejoría en la movilidad articular perdure en el tiempo.

Este tipo de maniobras, con el fin de mejorar la artrocinemática del tobillo en el adulto mayor, tienen alta aplicabilidad debido a que son técnicas de muy fácil realización, fáciles de aprender, las cuales apenas presentan contraindicaciones, al menos en el tobillo, y, sobretodo, que presentan un bajo coste.

6.5. Limitaciones y trabajos futuros

Hay que reconocer una serie de limitaciones con respecto al trabajo realizado, las cuales pueden dar pie a trabajos futuros para así poder continuar investigando al respecto:

- La primera trata sobre el estudio observacional, en donde hubiera sido interesante llevar un registro de caídas prospectivo, en vez de retrospectivo. Por otro lado, aumentar el número de participantes, hubieran tenido mayor peso los datos obtenidos.
- Sobre los efectos de la terapia manual, queda la duda de si las mejorías halladas en los diferentes componentes del control postural tienen la capacidad de perdurar, o incluso madurar, en el tiempo. Realizar un control de las variables unas semanas después hubiera aportado datos importantes al estudio. También queda la duda sobre los efectos de un número diferente de sesiones hubieran tenido en el control postural.
- El rango articular del tobillo se ha sugerido que es predictor de caídas, sin embargo, algunas de las medidas del modelo no fueron significativas, por lo que los resultados hay que interpretarlos con cautela.
- Con respecto a la dosis-respuesta, queda sin resolver la duda de si la ganancia en el rango articular se mantendría de la misma manera con un número menor de sesiones.
- Sobre la propuesta multimodal, hubiera sido interesante introducir un tercer grupo de estudio, en el que únicamente se hubiera aplicado terapia manual, para así poder comparar sus efectos sobre el equilibrio general. Adicionalmente, realizar un ensayo con un poder adecuado hubiera aportado datos más fiables al respecto.
- Por otro lado, todos los estudios realizados en esta tesis han sido enfocados al adulto mayor sin patología, permitiendo así poder aplicar intensidades altas de tratamiento. Se desconocen los efectos que puede producir la terapia manual aplicada sobre el tobillo en personas con diferentes patologías.
- También queda la incógnita de si la edad es una variable a tener en cuenta. Ya sea planteando un análisis por franjas de edad, dentro del adulto mayor, o fuera

de esta población. Lo mismo ocurre con el sexo, pues por lo general parece que puede haber diferencias en el rango de movilidad del tobillo al respecto.

- Por último, con respecto a la limitación del movimiento articular del tobillo, se consideró únicamente para el movimiento de flexoextensión por ser el más importante. Esto crea la duda del efecto que pueda tener la limitación en el resto de movimientos sobre el control postural del adulto mayor.

7. Conclusiones

- 1) Existe una asociación positiva del rango articular del tobillo en flexoextensión con el control postural del adulto mayor, de modo que los sujetos que presentan una mejor movilidad tienen a su vez mejores capacidades de equilibrio y menor riesgo de sufrir caídas. Este grado de asociación resulta ser mayor en términos del rango de movilidad en carga que en descarga.
- 2) Restaurar la movilidad del rango articular en flexoextensión del tobillo con terapia manual mejora el control postural del adulto mayor, produciendo un efecto positivo sobre el equilibrio estático monopodal, el equilibrio dinámico, la estabilidad y la reducción de la preocupación de sufrir una caída.
- 3) Una sesión de terapia manual produce mejoras clínicamente importantes en el rango articular del tobillo del adulto mayor. Son necesarias cinco sesiones para conseguir superar hasta en dos veces el cambio mínimo detectable.
- 4) Un programa multimodal, que combina ejercicio orientado a mejorar el equilibrio del adulto mayor y terapia manual sobre el tobillo y pie, no resulta más efectivo para mejorar el equilibrio del adulto mayor, que realizar únicamente ejercicio. Sin embargo, sí mantiene las mejoras en el rango articular en flexoextensión del tobillo hasta doce semanas después.
- 5) La limitación del rango articular de tobillo en flexoextensión es predictor del riesgo de caída en el adulto mayor. El nivel de capacidad predictiva depende del estimador de riesgo utilizado, siendo necesario un mayor tamaño muestral para validar el modelo de predicción propuesto.
- 6) Los efectos de la mejoría en el rango articular tras la aplicación de la terapia manual parecen requerir de tiempo para madurar. Además, tiene la capacidad de persistir en el tiempo, al menos hasta las ocho y doce semanas.

8. Bibliografía

1. Marrero RCM, Rull IM. *Biomecánica Clínica de Los Tejidos y Las Articulaciones Del Aparato Locomotor*. Elsevier España; 2005.
2. Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing*. 2006;35(suppl_2):ii11.
3. Mackey DC, Robinovitch SN. Mechanisms underlying age-related differences in ability to recover balance with the ankle strategy. *Gait Posture*. 2006;23(1):59-68. doi:10.1016/j.gaitpost.2004.11.009
4. James B, Parker AW. Active and passive mobility of lower limb joints in elderly men and women. *Am J Phys Med Rehabil*. 1989;68(4):162-167.
5. Isles RC, Choy NL, Steer M, Nitz JC. Normal values of balance tests in women aged 20–80. *J Am Geriatr Soc*. 2004;52(8):1367-1372.
6. Menz HB, Lord SR. The Contribution of Foot Problems to Mobility Impairment and Falls in Community-Dwelling Older People. *J Am Geriatr Soc*. 2001;49(12):1651-1656.
7. Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, Studenski S. Functional reach: a new clinical measure of balance. *J Gerontol*. 1990;45(6):M197.
8. Dufour M, Pillu M. *Biomecánica Funcional*. (Elsevier, ed.). Masson; 2006.
9. Mecagni C, Smith JP, Roberts KE, O’Sullivan SB. Balance and ankle range of motion in community-dwelling women aged 64 to 87 years: a correlational study. *Phys Ther*. 2000;80(10):1004-1011.
10. Dill KE, Begalle RL, Frank BS, Zinder SM, Padua DA. Altered knee and ankle kinematics during squatting in those with limited weight-bearing-lunge ankle-dorsiflexion range of motion. *J Athl Train*. 2014;49(6):723-732. doi:10.4085/1062-6050-49.3.29
11. Horak FB. Clinical measurement of postural control in adults. *Phys Ther*. 1987;67(12):1881-1885.
12. Scott G, Menz HB, Newcombe L. Age-related differences in foot structure and function. *Gait Posture*. 2007;26(1):68-75. doi:10.1016/j.gaitpost.2006.07.009
13. McGibbon CA, Krebs DE. Discriminating age and disability effects in

- locomotion: neuromuscular adaptations in musculoskeletal pathology. *J Appl Physiol.* 2004;96(1):149-160.
14. Gajdosik RL, Linden DW Vander, Williams AK. Influence of age on length and passive elastic stiffness characteristics of the calf muscle-tendon unit of women. *Phys Ther.* 1999;79(9):827-838.
 15. Kemoun G, Thoumie P, Boisson D, Guieu JD. Ankle dorsiflexion delay can predict falls in the elderly. *J Rehabil Med.* 2002;34(6):278-283.
 16. WHO. Active Ageing: A Policy Framework. *Aging Male.* 2002;5(1):1-37. doi:10.1080/713604647
 17. Moreno-Segura N, Celedonia I-C, Ballester-Gil Y, Clara B-IM, Blasco JM. The effects of the pilates training method on balance and falls of older adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Aging Phys Act.* 2017:1-21.
 18. Vaillant J, Rouland A, Martigné P, et al. Massage and mobilization of the feet and ankles in elderly adults: Effect on clinical balance performance. *Man Ther.* 2009;14(6):661-664. doi:10.1016/j.math.2009.03.004
 19. Hoch MC, Andreatta RD, Mullineaux DR, et al. Two-week joint mobilization intervention improves self-reported function, range of motion, and dynamic balance in those with chronic ankle instability. *J Orthop Res.* 2012;30(11):1798-1804. doi:10.1002/jor.22150
 20. de Souza M v. S, Venturini C, Teixeira LM, Chagas MH, de Resende MA. Force-Displacement Relationship During Anteroposterior Mobilization of the Ankle Joint. *J Manipulative Physiol Ther.* 2008;31(4):285-292. doi:10.1016/j.jmpt.2008.03.005
 21. Cho B, Ko T, Lee D. Effect of Ankle Joint Mobilization on Range of Motion and Functional Balance of Elderly Adults. *J Phys Ther Sci.* 2012;24(4):331-333. doi:10.1589/jpts.24.331
 22. Chevutschi A, D'houwt J, Pardessus V, Thevenon A. Immediate effects of talocrural and subtalar joint mobilization on balance in the elderly. *Physiother Res Int.* 2015;20(1):1-8.
 23. Gong W, Park GD, Ma S. The Influence of Ankle Joint Mobilization on ROM of the Ankle Joint and Maintenance of Equilibrium in Elderly Women. *J Phys Ther Sci.* 2011;23(2):217-219. doi:10.1589/jpts.23.217
 24. Pertille A, Macedo AB, Dibai Filho AV, et al. Immediate Effects of Bilateral

- Grade III Mobilization of the Talocrural Joint on the Balance of Elderly Women. *J Manipulative Physiol Ther.* 2012;35(7):549-555. doi:10.1016/J.JMPT.2012.06.004
25. Vaillant J, Vuillerme N, Janvey A, et al. Effect of manipulation of the feet and ankles on postural control in elderly adults. *Brain Res Bull.* 2008;75(1):18-22.
 26. Kleipool RP, Blankevoort L. The relation between geometry and function of the ankle joint complex: a biomechanical review. *Knee surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2010;18(5):618-627.
 27. Ebraheim NA, Mekhail AO, Gargasz SS. Ankle fractures involving the fibula proximal to the distal tibiofibular syndesmosis. *Foot Ankle Int.* 1997;18(8):513-521. doi:10.1177/107110079701800811
 28. Nordin M, Frankel VH. *Bases Biomecánicas Del Sistema Musculoesquelético.* Lippincott Williams and Wilkins; 2013.
 29. Ray RG, Gusman DN, Christensen JC. Anatomical variation of the tibial plafond: the anteromedial tibial notch. *J Foot Ankle Surg.* 1994;33(4):419-426. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7951196>. Accessed July 31, 2018.
 30. Inman VT. The joints of the ankle. *Williams Wilkins, Balt.* 1976.
 31. Huch K. Knee and ankle: Human joints with different susceptibility to osteoarthritis reveal different cartilage cellularity and matrix synthesis in vitro. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2001;121(6):301-306. doi:10.1007/s004020000225
 32. Tohyama H, Beynon BD, Renström PA, Theis MJ, Fleming BC, Pope MH. Biomechanical analysis of the ankle anterior drawer test for anterior talofibular ligament injuries. *J Orthop Res.* 1995;13(4):609-614. doi:10.1002/jor.1100130417
 33. Brockett CL, Chapman GJ. Biomechanics of the ankle. *Orthop Trauma.* 2016;30(3):232-238. doi:10.1016/j.mporth.2016.04.015
 34. Ekholm J, Svensson O, Arborelius UP, Nemeth G. Ankle joint Load and Leg Muscle Activity During Lifting. *Foot Ankle.* 1984;4(6):292-300.
 35. Michelson JD, Helgemo SL. Kinematics of the axially loaded ankle. *Foot Ankle Int.* 1995;16(9):577-582. doi:10.1177/107110079501600912
 36. Lundberg A, Svensson OK, Nemeth G, Selvik G. The axis of rotation of the ankle joint. *J Bone Jt Surgery, Br Vol.* 1989;71-B(1):94-99. <http://www.bjj.boneandjoint.org.uk/content/71-B/1/94.abstract>.
 37. Ferguson B. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription 9th Ed.

2014. *J Can Chiropr Assoc.* 2014;58(3):328.
38. Loudon JK, Bell SL. The foot and ankle: an overview of arthrokinematics and selected joint techniques. *J Athl Train.* 1996;31(2):173-178. doi:10.1016/j.ejpain.2011.06.006
39. Vandervoort AA. Ankle mobility and postural stability. *Physiother Theory Pract.* 1999;15(2):91-103.
40. An C-M, Won J-I. Effects of ankle joint mobilization with movement and weight-bearing exercise on knee strength, ankle range of motion, and gait velocity in patients with stroke: a pilot study. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(2):689-694. doi:10.1589/jpts.28.689
41. Stauffer RN, Chao EY, Brewster RC. Force and motion analysis of the normal, diseased, and prosthetic ankle joint. *Clin Orthop Relat Res.* 1977;(127):189-196. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/912978>. Accessed August 10, 2018.
42. Calhoun JH, Li F, Ledbetter BR, Viegas SF. A Comprehensive Study of Pressure Distribution in the Ankle Joint with Inversion and Eversion. *Foot Ankle Int.* 1994;15(3):125-133. doi:10.1177/107110079401500307
43. Burdett RG. Forces predicted at the ankle during running. *Med Sci Sports Exerc.* 1982;14(4):308-316. doi:10.1249/00005768-198204000-00010
44. McGibbon CA. Toward a better understanding of gait changes with age and disablement: neuromuscular adaptation. *Exerc Sport Sci Rev.* 2003;31(2):102-108.
45. Meyer PF, Oddsson LIE, Luca CJ De. Reduced plantar sensitivity alters postural responses to lateral perturbations of balance. *Exp brain Res.* 2004;157(4):526-536.
46. Hoch MC, Staton GS, McKeon PO. Dorsiflexion range of motion significantly influences dynamic balance. *J Sci Med Sport.* 2011;14(1):90-92.
47. Menz HB. Biomechanics of the ageing foot and ankle: a mini-review. *Gerontology.* 2015;61(4):381-388.
48. Bok SK, Lee TH, Lee SS. The effects of changes of ankle strength and range of motion according to aging on balance. *Ann Rehabil Med.* 2013;37(1):10-16. doi:10.5535/arm.2013.37.1.10
49. Nigg BM, Fisher V, Allinger TL, Ronsky JR, Engsborg JR. Range of motion of the foot as a function of age. *Foot Ankle.* 1992;13(6):336-343.
50. Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF. Risk factors for falls among elderly persons

- living in the community. *N Engl J Med.* 1988;319(26):1701-1707. doi:10.1056/NEJM198812293192604
51. Vandervoort AA, Chesworth BM, Cunningham DA, Paterson DH, Rechnitzer PA, Koval JJ. Age and sex effects on mobility of the human ankle. *J Gerontol.* 1992;47(1):M21.
 52. Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams JI, Gayton D. Measuring balance in the elderly: Preliminary development of an instrument. *Physiother Canada.* 1989;41(6):304-311. doi:10.3138/ptc.41.6.304
 53. Nashner LM. Sensory, neuromuscular, and biomechanical contributions to human balance. In: *Proceeding of APTA Forum, Tennessee, 1989.* ; 1989:5-12.
 54. Mancini. The relevance of clinical balance assessment tools to differentiate abalance deficits. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2010;46(2):239-248. doi:0000
 55. Enoka RM. *Neuromechanical Basis of Kinesiology.* Human Kinetics Books; 1988. <https://eric.ed.gov/?id=ED295906>. Accessed August 5, 2018.
 56. Cromer AH. Física para las ciencias de la vida. 2ª edició. *Barcelona: Reverté.* 1996.
 57. Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor Control: Translating Research into Clinical Practice.* Lippincott Williams & Wilkins; 2007.
 58. Kiss R, Schedler S, Muehlbauer T. Associations Between Types of Balance Performance in Healthy Individuals Across the Lifespan: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Physiol.* 2018;9(September). doi:10.3389/fphys.2018.01366
 59. Horak FB, Shupert CL, Mirka A. Components of postural dyscontrol in the elderly: A review. *Neurobiol Aging.* 1989;10(6):727-738. doi:10.1016/0197-4580(89)90010-9
 60. Blaszczyk J, Lowe D, Hansen P. Ranges of postural stability and their changes in the elderly. *Gait Posture.* 1994;2(1):11-17. doi:10.1016/0966-6362(94)90012-4
 61. Hahn C, Mastj J. Overview of neuroanatomy. *Equine Neurol.* 2015:3.
 62. DeMyer W. Examen de la sensibilidad somática (con exclusión de la cara). *Técnica del Exam neurológico 3ª ed*Buenos Aires Editor Médica Panam. 1987:373-408.
 63. de Guzmán RB, Sanz EM, Zamarreño AP. Exploración de la función vestibular. *Suárez C, Gil-Carcedo LM, Marco J, Ortega P, Trinidad J*Tratado Otorrinolaringol y Cirugía Cabeza y Cuello. 2007;2:1187-1208.

64. Sheldon RS. Orthopaedic basic science. In: *American Academia of Orthopaedic Surgery Library of Congress Cataloging-in-Publication Card, Ohio.* ; 1994.
65. Hu M-H, Woollacott MH. Multisensory training of standing balance in older adults: I. Postural stability and one-leg stance balance. *J Gerontol.* 1994;49(2):M61.
66. Wojcik L, Thelen DG, Schultz AB, P JAA, Alexander NB. Age and Gender Differences in Single-Step Recovery From a Forward Fall. 2018;54(I):44-50.
67. Mecagni C, Smith JP, Roberts KE, O'Sullivan SB. Balance and ankle range of motion in community-dwelling women aged 64 to 87 years: a correlational study. *Phys Ther.* 2000;80(1):1004-1011.
68. Brito TA, da Silva Coqueiro R, Fernandes MH, Jesus CS. Determinants of Falls in Community-Dwelling Elderly: Hierarchical Analysis. *Public Health Nurs.* 2014;31(4):290-297.
69. Tinetti ME. Preventing Falls in Elderly Persons. *N Engl J Med.* 2003;348(1):42-49. doi:10.1056/NEJMcp020719
70. Rubenstein LZ, Josephson KR. Falls and Their Prevention in Elderly People: What Does the Evidence Show? *Med Clin North Am.* 2006;90(5):807-824. doi:10.1016/j.mcna.2006.05.013
71. Barr ELM, Browning C, Lord SR, Menz HB, Kendig H. Foot and leg problems are important determinants of functional status in community dwelling older people. *Disabil Rehabil.* 2005;27(16):917-923.
72. Menz HB, Morris ME, Lord SR. Foot and ankle risk factors for falls in older people: a prospective study. *Journals Gerontol Ser A Biol Sci Med Sci.* 2006;61(8):866-870.
73. Spink MJ, Fotoohabadi MR, Wee E, Hill KD, Lord SR, Menz HB. Foot and ankle strength, range of motion, posture, and deformity are associated with balance and functional ability in older adults. *Arch Phys Med Rehabil.* 2011;92(1):68-75.
74. Green T, Crosbie J. A Randomized Controlled Trial of a Passive Accessory Joint Mobilization on Acute Ankle Inversion Sprains. *Phys Ther.* 2001;81(4). doi:10.1093/ptj/81.4.984
75. Maitland GD. *Peripheral Manipulation.* Butterworth-Heinemann; 1977.
76. Kaltenborn FM. Manual mobilization of the joints; The Kaltenborn method of joint examination and treatment. *Extrem.* 1999:21-28.

-
77. Vicenzino B, Branjerdporn M, Teys P, Jordan K. Initial Changes in Posterior Talar Glide and Dorsiflexion of the Ankle After Mobilization With Movement in Individuals with Recurrent Ankle Sprain. *J Orthop Sport Phys Ther.* 2006;36(7):464-471. doi:10.2519/jospt.2006.2265
 78. Venturini C, Penedo MM, Peixoto GH, Chagas MH, Ferreira ML, de Resende MA. Study of the Force Applied During Anteroposterior Articular Mobilization of the Talus and its Effect on the Dorsiflexion Range of Motion. *J Manipulative Physiol Ther.* 2007;30(8):593-597. doi:10.1016/j.jmpt.2007.08.002
 79. Brantingham JW, Globe G, Pollard H, Hicks M, Korporaal C, Hoskins W. Manipulative Therapy for Lower Extremity Conditions: Expansion of Literature Review. *J Manipulative Physiol Ther.* 2009;32(1):53-71. doi:10.1016/J.JMPT.2008.09.013
 80. Marrón-Gómez D, Rodríguez-Fernández ÁL, Martín-Urrialde JA. The effect of two mobilization techniques on dorsiflexion in people with chronic ankle instability. *Phys Ther Sport.* 2015;16(1):10-15. doi:10.1016/j.ptsp.2014.02.001
 81. Vicenzino B, Paungmali A, Teys P. Mulligan's mobilization-with-movement, positional faults and pain relief: Current concepts from a critical review of literature. *Man Ther.* 2007;12(2):98-108. doi:10.1016/j.math.2006.07.012
 82. Martins DF, Bobinski F, Mazzardo-Martins L, et al. Ankle joint mobilization decreases hypersensitivity by activation of peripheral opioid receptors in a mouse model of postoperative pain. *Pain Med.* 2012;13(8):1049-1058. doi:10.1111/j.1526-4637.2012.01438.x
 83. Orakifar N, Kamali F, Pirouzi S, Jamshidi F. Sacroiliac joint manipulation attenuates alpha-motoneuron activity in healthy women: A quasi-experimental study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2012;93(1):56-61. doi:10.1016/j.apmr.2011.05.027
 84. Dishman JD, Weber KA, Corbin RL, Burke JR. Understanding inhibitory mechanisms of lumbar spinal manipulation using H-reflex and F-wave responses: A methodological approach. *J Neurosci Methods.* 2012;210(2):169-177. doi:10.1016/j.jneumeth.2012.07.014
 85. Maigne JY, Vautravers P. Mechanism of action of spinal manipulative therapy. *Rev du Rhum (Edition Fr.* 2003;70(9):713-719. doi:10.1016/S1169-8330(03)00158-3
 86. Hubbard TJ, Hertel J. Mechanical Contributions to Chronic Lateral Ankle

- Instability. 2006;36(3):263-277. doi:10.2165/00007256-200636030-00006
87. Holland CJ, Campbell K, Hutt K. Increased treatment durations lead to greater improvements in non-weight bearing dorsiflexion range of motion for asymptomatic individuals immediately following an anteroposterior grade IV mobilisation of the talus. *Man Ther*. 2015;20(4):598-602. doi:10.1016/j.math.2015.02.003
88. Landrum EL, Kelln BM, Parente WR, Ingersoll CD, Hertel J. Immediate Effects of Anterior-to-Posterior Talocrural Joint Mobilization after Prolonged Ankle Immobilization: A Preliminary Study. *J Man Manip Ther*. 2008;16(2):100-105. doi:10.1179/106698108790818413
89. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Med*. 2009;6(7). doi:10.1371/journal.pmed.1000097
90. Santos CM da C, Pimenta CA de M, Nobre MRC. The PICO strategy for the research question construction and evidence search. *Rev Lat Am Enfermagem*. 2007;15(3):508-511. doi:10.1590/S0104-11692007000300023
91. Higgins J, Green S. Chapter 22: Overview of reviews. *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*. *Cochrane Database Syst Rev*. 2008:187-235. doi:10.1002/9780470712184.fmatter
92. Wells GA, Shea B, O'connell D, et al. The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) for assessing the quality of nonrandomised studies in meta-analyses. Ottawa (ON): Ottawa Hospital Research Institute; 2009. *Available in March*. 2016.
93. Berg KO, Wood-Dauphinee SL, Williams JI, Maki B. Measuring Balance in the Elderly : Validation of an Instrument Author (s): Katherine O . Berg , Sharon L . Wood-Dauphinee , J . Ivan Williams and Brian Maki Source : Canadian Journal of Public Health / Revue Canadienne de Sante ' e Publique , Vol . 83 ,. *Can J Public Heal / Rev Can Sante ' e Publique*. 1992;83(August 1992):S7-S11.
94. Hernández-Guillén D, Sanoguera-Torres A, Martínez-Pérez C, Igual-Camacho C, Blasco J-M. Balance training versus balance training and foot and ankle mobilization: a pilot randomized trial in community-dwelling older adults. *Physiother Theory Pract*. 2019;00(00):1-10. doi:10.1080/09593985.2018.1563931
95. McKeon PO, Wikstrom EA. Sensory-targeted ankle rehabilitation strategies for chronic ankle instability. *Med Sci Sports Exerc*. 2016;48(5):776.

96. Burcal CJ, Trier AY, Wikstrom EA. Balance Training Versus Balance Training With STARS in Patients With Chronic Ankle Instability: A Randomized Controlled Trial. *J Sport Rehabil.* 2017;26(5):347-357. doi:10.1123/jsr.2016-0018
97. Wikstrom EA, Mckeon PO. Predicting Range of Motion Improvements Following STARS Treatments in Chronic Ankle Instability Patients. 2018:77-82.
98. Rabin A, Kozol Z. Weightbearing and nonweightbearing ankle dorsiflexion range of motion: are we measuring the same thing? *J Am Podiatr Med Assoc.* 2012;102(5):406-411.
99. Konor MM, Morton S, Eckerson JM, Grindstaff TL. Reliability of three measures of ankle dorsiflexion range of motion. *Int J Sports Phys Ther.* 2012;7(3):279-287.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22666642><http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC3362988>.
100. Lusardi MM, Fritz S, Middleton A, et al. Determining Risk of falls in community dwelling older adults: A systematic review and meta-analysis using posttest probability. *J Geriatr Phys Ther.* 2017;40(1). doi:10.1519/JPT.0000000000000099
101. Gong W, Park GD, Ma S. The influence of ankle joint mobilization on ROM of the ankle joint and maintenance of equilibrium in elderly women. *J Phys Ther Sci.* 2011;23(2):217-219.
102. Puri KS, Suresh KR, Gogtay NJ, Thatte UM. Declaration of Helsinki, 2008: implications for stakeholders in research. *J Postgrad Med.* 2009;55(2):131.
103. Orgánica L. Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal. *BOE [Internet].* 1999;14.
104. Thabane L, Ma J, Chu R, et al. A tutorial on pilot studies: the what, why and how. *BMC Med Res Methodol.* 2010;10(1):1.
105. Bennell K, Talbot R, Wajswelner H, Techovanich W, Kelly D, Hall AJ. Intra-rater and inter-rater reliability of a weight-bearing lunge measure of ankle dorsiflexion. *Aust J Physiother.* 1998;44(3):175-180.
106. Onate JA, Pan X, Comstock RD, et al. Normative Functional Performance Values in High School Athletes: The Functional Pre-Participation Evaluation Project. *J Athl Train.* 2018;53(1):35-42. doi:10.4085/1062-6050-458.16
107. Powden CJ, Hoch JM, Hoch MC. Reliability and minimal detectable change of

- the weight-bearing lunge test: A systematic review. *Man Ther.* 2015;20(4):524-532. doi:10.1016/j.math.2015.01.004
108. Chisholm MD, Birmingham TB, Brown J, MacDermid J, Chesworth BM. Reliability and validity of a weight-bearing measure of ankle dorsiflexion range of motion. *Physiother Canada.* 2012;64(4):347-355. doi:10.3138/ptc.2011-41
109. Hoch MC, McKeon PO. Joint mobilization improves spatiotemporal postural control and range of motion in those with chronic ankle instability. *J Orthop Res.* 2011;29(3):326-332.
110. Thompson WR, Gordon NF, Pescatello LS. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription.* Lippincott Williams & Wilkins; 2010.
111. Sibley KM, Beauchamp MK, Van Ooteghem K, Straus SE, Jaglal SB. Using the systems framework for postural control to analyze the components of balance evaluated in standardized balance measures: A scoping review. *Arch Phys Med Rehabil.* 2015;96(1):122-132.e29. doi:10.1016/j.apmr.2014.06.021
112. Bohannon R, Larkin P, Cook A, Gear J, Singer J. Decrease in Timed Balance Test Scores with Aging. *Phys Ther.* 1984;64(7):1067-1070. doi:10.1080/1385404049088718
113. Hafer JF, Lenhoff MW, Song J, Jordan JM, Hannan MT, Hillstrom HJ. Reliability of plantar pressure platforms. *Gait Posture.* 2013;38(3):544-548. doi:10.1016/j.gaitpost.2013.01.028
114. Vellas B, Wayne S, Romero L, Baumgartner R, Rubenstein L, Garry P. One-leg balance is an important predictor of injurious falls in older persons. *J Am Geriatr Soc.* 1997;45(6):735-738. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cin20&AN=107242439&site=ehost-live>.
115. Maribo T, Schiøttz-Christensen B, Andersen NT, Stengaard-Pedersen K, Iversen E. Intra-observer and interobserver reliability of One Leg Stand Test as a measure of postural balance in low back pain patients. *Int Musculoskelet Med.* 2009;31(4):172-177. doi:10.1179/175361409x12472218841040
116. Franchignoni F, Tesio L, Martino MT, Ricupero C. Reliability of four simple, quantitative tests of balance and mobility in healthy elderly females. *Aging (Milano).* 1998;10(1):26-31. doi:10.1007/BF03339630
117. Behrman AL, Light KE, Flynn SM, Thigpen MT. Is the functional reach test useful for identifying falls risk among individuals with Parkinson's disease? *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83(4):538-542. doi:10.1053/apmr.2002.30934

118. Mann GC, Whitney SL, Redfern MS, Borello-France DF, Furman JM. Functional reach and single leg stance in patients with peripheral vestibular disorders. *J Vestib Res.* 1996;6(5):343-353. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9004971>.
119. Podsiadlo D, Richardson S. The Timed “Up & Go”: A Test of Basic Functional Mobility for Frail Elderly Persons. *J Am Geriatr Soc.* 1991;39(2):142-148. doi:10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x
120. Madureira MM, Takayama L, Gallinaro AL, Caparbo VF, Costa RA, Pereira RMR. Balance training program is highly effective in improving functional status and reducing the risk of falls in elderly women with osteoporosis: A randomized controlled trial. *Osteoporos Int.* 2007;18(4):419-425. doi:10.1007/s00198-006-0252-5
121. Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. *Phys Ther.* 2000;80(9):896-903.
122. Whitney JC, Lord SR, Close JCT. Streamlining assessment and intervention in a falls clinic using the Timed Up and Go Test and Physiological Profile Assessments. *Age Ageing.* 2005;34(6):567-571. doi:10.1093/ageing/afi178
123. Huang S-L, Hsieh C-L, Wu R-M, Tai C-H, Lin C-H, W-S L. Minimal Detectable Change of the Timed “Up & Go” Test and the Dynamic Gait Index in People with Parkinson Disease. *Phys Ther.* 2011;91(January). doi:10.1080/095006903200070342
124. Donoghue D, Murphy A, Jennings A, et al. How much change is true change? The minimum detectable change of the Berg Balance Scale in elderly people. *J Rehabil Med.* 2009;41(5):343-346. doi:10.2340/16501977-0337
125. Kempen PGIJM, Todd CJ, Haastregt JCM Van, et al. Cross-cultural validation of the Falls Efficacy Scale International (FES-I) in older people : Results from Germany , the Netherlands and the UK were satisfactory Cross-cultural validation of the Falls Efficacy Scale International. 2009;8288. doi:10.1080/09638280600747637
126. Morgan MT, Friscia LA, Whitney SL, Furman JM, Sparto PJ. Reliability and validity of the falls efficacy scale-international (FES-I) in individuals with dizziness and imbalance. *Otol Neurotol.* 2013;34(6):1104-1108. doi:10.1097/MAO.0b013e318281df5d

127. Yardley L, Beyer N, Hauer K, Kempen G, Piot-Ziegler C, Todd C. Development and initial validation of the Falls Efficacy Scale-International (FES-I). *Age Ageing*. 2005;34(6):614-619. doi:10.1093/ageing/afi196
128. Hawkins DM. *Identification of Outliers*. Vol 11. Springer; 1980.
129. Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2nd ed.; 1988.
130. Morris SB, DeShon RP. Combining effect size estimates in meta-analysis with repeated measures and independent-groups designs. *Psychol Methods*. 2002;7(1):105-125. doi:10.1037/1082-989X.7.1.105
131. Menz HB, Morris ME, Lord SR. Foot and Ankle Characteristics Associated With Impaired Balance and Functional Ability in Older People. 2005;60(12):1546-1552.
132. Runge CF, Shupert CL, Horak FB, Zajac FE. Ankle and hip postural strategies defined by joint torques. *Gait Posture*. 1999;10(2):161-170. doi:10.1016/S0966-6362(99)00032-6
133. Piirtola M, Era P. Force platform measurements as predictors of falls among older people—a review. *Gerontology*. 2006;52(1):1-16.
134. Lesinski M, Hortobágyi T, Muehlbauer T, Gollhofer A, Granacher U. Effects of Balance Training on Balance Performance in Healthy Older Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sport Med*. 2015;45(12):1721-1738. doi:10.1007/s40279-015-0375-y
135. Abreu D, Leite L, Santos P, Rodrigues N. Dual-Task Gait in Older Adults. 2016;101(May 2015):12515.
136. Anson E, Rosenberg R, Agada P, Kiemel T, Jeka J. Does visual feedback during walking result in similar improvements in trunk control for young and older healthy adults? *J Neuroeng Rehabil*. 2013;10(1):1-8. doi:10.1186/1743-0003-10-110
137. Lee J, Yoo H, Lee B-H. Effects of augmented reality-based Otago exercise on balance, gait, and physical factors in elderly women to prevent falls: a randomized controlled trial. *J Phys Ther Sci*. 2017;29(9):1586-1589. doi:10.1589/jpts.29.1586
138. Schaefer JL, Sandrey MA. Effects of a 4-Week Dynamic-Balance-Training Program Supplemented with Graston Instrument-Assisted Soft-Tissue Mobilization for Chronic Ankle Instability. *J Sport Rehabil*. 2012;21(4):313-326. doi:10.1123/jsr.21.4.313

9. Anexos

Anexo 1. Example of search strategy followed in MEDLINE (PubMed)

01. Manual Therapy
02. Mobilization
03. Manipulation
04. Elder*
05. Older Adult
06. Old*
07. Ankle
08. Foot
09. Feet
10. Balance*
11. Equilibrium
12. Fall*
13. 1 OR 2 OR 3
14. 4 OR 5 OR 6
15. 7 OR 8 OR 9
16. 10 OR 11 OR 12
17. 13 AND 14 AND 15 AND 16
18. Limits: Clinical Trial

Anexo 2. Evaluación de la calidad PEDro para ensayos clínicos aleatorizados

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total *
Chevutshi (2015)	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	5
Cho (2012)	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Gong (2011)	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	5
Pertille (2012)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Vaillant (2008)	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	3
Vaillant (2009)	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	6

(*) El ítem 1 no se usa para calcular la puntuación total

Anexo 3. Riesgo de sesgo Cochrane en los estudios incluidos

	Random sequence (Selection bias)	Allocation (Selection bias)	Performance bias	Detection bias	Attrition bias	Reporting bias
Cho (2012)	?	?	?	?	?	?
Gong (2011)	?	?	?	?	?	?
Pertille (2012)	?	?	√	√	√	?
Vaillant (2009)	?	?	?	?	√	√

Anexo 4. Judgement and a support for the judgement for each entry in the Cochrane risk of bias table

Cho (2012)

Entry	Judgement	Support for judgement
Random sequence generation (selection bias)	Unclear risk of bias	<u>Quote:</u> “Thirty-three healthy elderly adults were randomly allocated to two groups, the mobilization (MT) group and the control (CG) group...” <u>Comment:</u> Insufficient information.
Allocation concealment (selection bias)	Unclear risk of bias	<u>Quote:</u> “Thirty-three healthy elderly adults were randomly allocated to two groups, the mobilization (MT) group and the control (CG) group...” <u>Comment:</u> Not described.
Blinding of participants and personnel (performance bias)	Unclear risk of bias	<u>Comment:</u> Blinding procedure was not described.
Blinding of outcome assessment (detection bias)	Unclear risk of bias	<u>Comment:</u> No information about blinding procedure.
Incomplete outcome data addressed (attrition bias)	Unclear risk of bias	<u>Comment:</u> No information described.
Selective reporting (reporting bias)	Unclear risk of bias	<u>Comment:</u> Insufficient information.

Gong (2011)

Entry	Judgement	Support for judgement
Random sequence generation (selection bias)	Unclear risk of bias	<u>Quote:</u> “The subjects were randomly divided into an ankle joint mobilization group (AJMG) and a control group, each containing 20 subjects.” <u>Comment:</u> Insufficient information.
Allocation concealment (selection bias)	Unclear risk of bias	<u>Quote:</u> “The subjects were randomly divided into an ankle joint mobilization group (AJMG) and a control group, each containing 20 subjects.” <u>Comment:</u> Not described.
Blinding of participants and personnel (performance bias)	Unclear risk of bias	<u>Comment:</u> Insufficient information.
Blinding of outcome assessment (detection bias)	Unclear risk of bias	<u>Comment:</u> Insufficient information.
Incomplete outcome data addressed (attrition bias)	Unclear risk of bias	<u>Comment:</u> Insufficient information.
Selective reporting (reporting bias)	Unclear risk of bias	<u>Comment:</u> Insufficient information.

Pertille (2012)

Entry	Judgement	Support for judgement
Random sequence generation (selection bias)	Unclear risk of bias	<u>Quote</u> : “The 32 volunteers were randomly divided into 2 groups by drawing lots.” <u>Comment</u> : Insufficient information.
Allocation concealment (selection bias)	Unclear risk of bias	<u>Quote</u> : “The 32 volunteers were randomly divided into 2 groups by drawing lots.” <u>Comment</u> : Insufficient information.
Blinding of participants and personnel (performance bias)	Low risk of bias	<u>Quote</u> : “The volunteers did not know if they were included in the sham (placebo) or active treatment group.”” The physiotherapist evaluator was blinded”. <u>Comment</u> :
Blinding of outcome assessment (detection bias)	Low risk of bias	<u>Quote</u> : “A physiotherapist performed the evaluations, and another processed and analysed the data”. <u>Comment</u> :
Incomplete outcome data addressed (attrition bias)	Low risk of bias	<u>Comment</u> : Although it was not commented on in the text, the flowchart of participants is presented with accompanying reasons.
Selective reporting (reporting bias)	Unclear risk of bias	<u>Comment</u> : Insufficient information.

Vaillant (2009)

Entry	Judgement	Support for judgement
Random sequence generation (selection bias)	Unclear risk of bias	<u>Quote</u> : “Each of the remaining 27 subjects participated in two experimental sessions. Fourteen subjects received the ..., while the remaining 13 subjects received...” <u>Comment</u> : Insufficient information.
Allocation concealment (selection bias)	Unclear risk of bias	<u>Quote</u> : “Each of the remaining 27 subjects participated in two experimental sessions. Fourteen subjects received the ..., while the remaining 13 subjects received...” <u>Comment</u> : Insufficient information.
Blinding of participants and personnel (performance bias)	Unclear risk of bias	<u>Comment</u> : Insufficient information.
Blinding of outcome assessment (detection bias)	Unclear risk of bias	<u>Comment</u> : Insufficient information.
Incomplete outcome data addressed (attrition bias)	Low risk of bias	<u>Quote</u> : “One subject dropped out of the study because of lack of interest. Each of the remaining 25 subjects participated...” <u>Comment</u> :
Selective reporting (reporting bias)	Low risk of bias	<u>Comment</u> :

Anexo 5. Escala de evaluación de calidad Newcastle-Ottawa para estudios de cohortes

		Chevutshi (2015)	Vaillant (2008)
Selection	<i>Representativeness of the exposed cohort</i>	1	1
	<i>Selection of the non-exposed cohort</i>	1	1
	<i>Ascertainment of exposure</i>	0	1
	<i>Demonstration that outcome of interest was not present at start of study</i>	1	1
Comparability	<i>Comparability of cohorts on the basis of the design or analysis</i>	2	1
Outcome	<i>Assessment of outcome</i>	1	0
	<i>Was follow-up long enough for outcomes to occur</i>	0	0
	<i>Adequacy of follow up of cohorts</i>	0	0
Total		6 / 9	5 / 9

Anexo 6. Resultados de la revisión

Clinical Outcome	No. Studies	Total sample	Study ID	Study sample	Scoring system	P-Value (IG)	Cohen d IG (95% CI)	P-Value (BG)	Cohen d (BG)	
Balance (performance)	3	93	Cho (2012)	33	Timed Up & Go	<0,05 *	0,52 (0,17 - 1,21)	<0,05 *	(-) 0,44	
			Pertille (2012)	32	Timed Up & Go	<0,05 *	0,07 (-0,91 - 1,05)	0,653		
			Vaillant (2009)	28	Timed Up & Go	<0,05 *	0,08 (-0,67 - 0,84)	<0,05 *		
	2	61	Cho (2012)	33	One Leg Balance	<0,05 *	1,78 (0,99 - 2,59)	<0,05 *	>0,05 *	
			Vaillant (2009)	28	One Leg Balance	<0,05 *	0,13 (-0,62 - 0,88)	<0,05 *		
			Cho (2012)	33	Lateral Reach	<0,05 *	0,53 (-0,16 - 1,23)	<0,05 *		
	3	93	Pertille (2012)	32	Functional Reach	>0,05	0,18 (-0,8 - 1,17)	0,851	0,24	
			Vaillant (2009)	28	Lateral Reach	>0,05	0,20 (-0,55 - 0,96)	>0,05		
			Chevutschi (2014)	19	Static	>0,05	0,28 (-0,62 - 1,18)	0,486		
			Pertille (2012)	32	Dynamic	>0,05	0,04 (-0,86 - 0,93)	0,602		
Balance (platform measures)	3	68	Vaillant (2008)	17	Closed eyes	n.e.	n.e.	0,486	(-) 0,16	
			Chevutschi (2014)	19	Static	>0,05	0,09 (-0,81 - 0,99)			0,602
			Pertille (2012)	32	Dynamic	>0,05	(-) 0,12 (-1,10 - 0,86)			
	2	59	Gong (2011)	40	Open eyes	>0,05	0,31 (-0,67 - 1,30)	0,333	(-) 0,63	
			Chevutschi (2014)	19	Closed eyes	>0,05	0,32 (-0,66 - 1,31)	0,652		
			Vaillant (2008)	17	n.e.	n.e.	n.e.			
	2	59	Chevutschi (2014)	40	Static	>0,05	(-) 0,12 (-1,02 - 0,77)	0,333	(-) 0,63	
			Gong (2011)	19	Dynamic	>0,05	0,14 (-0,76 - 1,04)	0,652		
			Chevutschi (2014)	40	Static	>0,05	1,91 (0,85 - 2,96)			
			Gong (2011)	19	Static	>0,05	(-) 0,22 (-1,12 - 0,68)			
1	40	Chevutschi (2014)	40	Dynamic	>0,05	0,36 (-0,54 - 1,27)	0,333	(-) 0,63		
		Gong (2011)	40	Static	>0,05	1,33 (0,37 - 2,31)	0,652			
		Chevutschi (2014)	40	Static	>0,05	1,74 (0,71 - 2,78)				
		Gong (2011)	40	Static	>0,05	(-) 0,12 (-1,02 - 0,77)				
Ankle ROM	3	91	Gong (2011)	40	Active ROM	<0,05 *	3,75 (2,29 - 5,20) // 5,88 (3,85 - 7,89)	0,188 // 0,060	0,44 // 0,53	
			Chevutschi (2014)	19	Passive ROM	<0,01 *	0,82 (-0,11 - 1,76) // 0,61 (-0,31 - 1,26)	<0,05 *		
			Pertille (2012)	32	Active ROM	<0,05 *	0,34 (-0,65 - 1,33) // 0,33 (-0,66 - 1,32)	<0,05 *		
Plantarflexion	3	91	Gong (2011)	40	Active ROM	<0,05 *	8,39 (5,65 - 11,14) // 10,65 (7,23 - 14,06)	0,188 // 0,060	0,96 // 1,14	
			Chevutschi (2014)	19	Passive ROM	<0,01 *	0,72 (-0,21 - 1,65) // 0,72 (-0,21 - 1,65)	<0,05 *		
			Pertille (2012)	32	Active ROM	<0,05 *	0,55 (-0,45 - 1,55) // 0,96 (-0,07 - 1,99)	<0,05 *		
Total	2	61	Cho (2012)	33	Active ROM	<0,05 *	0,99 (0,28 - 1,72)	<0,05 *		

P-Value: valor significativo; *IG*: intra grupo; *BG*: entre grupos; *d*: tamaño de efecto *d* de Cohen; *ROM*: rango de movimiento

Anexo 7. Características del estudio

	Study design		Intervention		Outcome		Statistical analysis
Chevuttschi (2014)	Design	Interventional	Control	n.a.	Balance	Platform measures	Student t-test for paired series (95% CI)
	Sample	19	Experimental	Mobilization of the talocrural and subtalar joints	A-ROM	Passive dorsiflexion and plantar flexion	
	Sex		Length of intervention	One 20-min session (10 rep x 30 s rest) / movement			
	Age	83.1 (SD 6)	Intensity	n.a.			
			Ass. time points	Before and immediately after intervention			
Cho (2012)	Design	RCT	Control	No intervention	Balance	Timed Up & Go (dynamic mobility)	Analysis of covariance (95% CI)
	Sample	33	Experimental	Traction, anterior and posterior gliding of the talocrural joint		One Leg Balance (static)	
	Sex	19 Women (57%)	Length of intervention	12 sessions: 3 times per week / 4 weeks (30 s / mobilization)		Lateral Reach (stability)	
	Age	67.2 (SD 3.9)	Intensity	Grade III		Active dorsiflexion and plantarflexion	
			Ass. time points	Before and after intervention			
Gong (2011)	Design	RCT	Control	No intervention	Balance	Platform measures	Paired sample t-test (95% CI)
	Sample	40	Experimental	Foot and ankle joint mobilizations (talocrural, subtalar, midtarsal, tarsometatarsal joints)	A-ROM	Active dorsiflexion and plantarflexion	
	Sex	40 Women (100%)	Length of intervention	12 sessions: 3 times per week / 4 weeks (20-min session)			
	Age	69.5 (SD 4.4)	Intensity	Grade III and IV			
			Ass. time points	Before and after intervention			
Pertille (2012)	Design	RCT	Control	Ankle joint manual contact with no force or movement	Balance	Platform measures	Analysis of variance (95% CI) Cohen's d effect size
	Sample	32	Experimental	Bilateral mobilization of the talocrural joints		Timed Up & Go (dynamic mobility)	
	Sex	32 Women (100%)	Length of intervention	One session (6 mobilizations x 30 s / mobilization)		Functional Reach (Stability)	
	Age	68.4 (SD 3.3)	Intensity	Grade III		Active dorsiflexion and plantarflexion	
			Ass. time points	Before and immediately after intervention			

Study design		Intervention		Outcome	Statistical analysis
Vaillant (2008)	Design	Interventional	Control	Balance	Analysis of variance (95% CI)
	Sample	17	Experimental	Platform measures	
	Sex	0 Women (0%)	Length of intervention	A-ROM	
	Age	75.4 (SD 9.6)	Intensity	n.a.	
			Ass. time points		
Vaillant (2009)	Design	RCT (cross-over)	Control	Balance	Wilcoxon rank test (95% CI)
	Sample	28	Experimental	Timed Up & Go (dynamic, mobility)	
	Sex	15 Women (53%)	Length of intervention	One Leg Balance (static)	
	Age	78.8 (SD 8.5)	Intensity	Lateral Reach (stability)	
			Ass. time points	A-ROM	

n.a.: dato desconocido; *A-ROM*: rango articular activo; *CI*: intervalo de confianza

Anexo 8. Informe favorable de la Fase Observacional del Comité de Ética de la Universitat de València en la investigación con seres humanos.

VNIVERSITAT
E VALÈNCIA Vicerectorat
d'Investigació

D. José María Montiel Company, Profesor Contratado Doctor del departamento de Estomatología, y Secretario del Comité Ético de Investigación en Humanos de la Comisión de Ética en Investigación Experimental de la Universitat de València,

CERTIFICA:

Que el Comité Ético de Investigación en Humanos, en la reunión celebrada el día 13 de diciembre de 2018, una vez estudiado el proyecto de investigación titulado: *“Correlación de la limitación de la flexión dorsal del tobillo y variables que valoren el riesgo de caídas en el adulto mayor: estudio observacional”*, número de procedimiento H1543937079194, cuyo responsable es D. David Hernández Guillén, ha acordado informar favorablemente el mismo dado que se respetan los principios fundamentales establecidos en la Declaración de Helsinki, en el Convenio del Consejo de Europa relativo a los derechos humanos y cumple los requisitos establecidos en la legislación española en el ámbito de la investigación biomédica, la protección de datos de carácter personal y la bioética.

Y para que conste, se firma el presente certificado en Valencia, a diecinueve de diciembre de dos mil dieciocho.



A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'David Hernández Guillén', written over the seal.

Anexo 9. Informe favorable de la Fase Experimental del Comité de Ética de la Universitat de València en la investigación con seres humanos.

VNIVERSITAT
E VALÈNCIA Vicerectorat
d'Investigació i Política Científica

D. José María Montiel Company, Profesor Contratado Doctor Interino del departamento de Estomatología, y Secretario del Comité Ético de Investigación en Humanos de la Comisión de Ética en Investigación Experimental de la Universitat de València,

CERTIFICA:

Que el Comité Ético de Investigación en Humanos, en la reunión celebrada el día 7 de febrero de 2018, una vez estudiado el proyecto de tesis doctoral titulado:

“Relación de la limitación de la flexión dorsal del tobillo y el riesgo de caídas en el adulto mayor: ensayo clínico aleatorizado”, número de procedimiento H1516311354981,

cuyo responsable es D. David Hernández Guillen, dirigido por D. José María Blasco Igual y Dña. Celedonia Igual Camacho,

ha acordado informar favorablemente el mismo dado que se respetan los principios fundamentales establecidos en la Declaración de Helsinki, en el Convenio del Consejo de Europa relativo a los derechos humanos y cumple los requisitos establecidos en la legislación española en el ámbito de la investigación biomédica, la protección de datos de carácter personal y la bioética.

Y para que conste, se firma el presente certificado en Valencia, a veinte de febrero de dos mil dieciocho.



Anexo 10. Informe favorable de la Dosis-Respuesta del Comité de Ética de la Universitat de València en la investigación con seres humanos.



D. José María Montiel Company, Profesor Contratado Doctor Interino del departamento de Estomatología, y Secretario del Comité Ético de Investigación en Humanos de la Comisión de Ética en Investigación Experimental de la Universitat de València,

CERTIFICA:

Que el Comité Ético de Investigación en Humanos, en la reunión celebrada el día 7 de junio de 2018, una vez estudiado el proyecto de investigación titulado:

“Estudio de la eficacia de la terapia manual en la dorsiflexión de carga del tobillo en el adulto mayor: ensayo clínico aleatorizado”, número de procedimiento H1528343276571,

cuyo responsable es D. David Hernández Guillen , ha acordado informar favorablemente el mismo dado que se respetan los principios fundamentales establecidos en la Declaración de Helsinki, en el Convenio del Consejo de Europa relativo a los derechos humanos y cumple los requisitos establecidos en la legislación española en el ámbito de la investigación biomédica, la protección de datos de carácter personal y la bioética.

Y para que conste, se firma el presente certificado en Valencia, a once de junio de dos mil dieciocho.



A handwritten signature in blue ink, written over the circular stamp. The signature is stylized and appears to be 'J.M. Montiel Company'.

Anexo 11. Informe favorable de la Dosis-Respuesta del Comité de Ética de la Universitat de València en la investigación con seres humanos.

VNIVERSITAT
DE VALÈNCIA Vicerektorat
d'Investigació i Política Científica

D. José María Montiel Company, Profesor Contratado Doctor Interino del departamento de Estomatología, y Secretario del Comité Ético de Investigación en Humanos de la Comisión de Ética en Investigación Experimental de la Universitat de València,

CERTIFICA:

Que el Comité Ético de Investigación en Humanos, en la reunión celebrada el día 2 de marzo de 2017, una vez estudiado el proyecto de tesis doctoral titulado:

“Influencia de la movilización de la articulación del tobillo como tratamiento complementario en el trabajo de reeducación del equilibrio en el adulto mayor: ensayo clínico aleatorizado”, número de procedimiento H1485849849709,

cuyo responsable es D. David Hernández Guillen, dirigido por D. José María Blasco Igual y Dña. Celedonia Igual Camacho,

ha acordado informar favorablemente el mismo dado que se respetan los principios fundamentales establecidos en la Declaración de Helsinki, en el Convenio del Consejo de Europa relativo a los derechos humanos y cumple los requisitos establecidos en la legislación española en el ámbito de la investigación biomédica, la protección de datos de carácter personal y la bioética.

Y para que conste, se firma el presente certificado en Valencia, a tres de marzo de dos mil diecisiete.



Anexo 12. Consentimiento informado Fase Observacional

DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO Y COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD

1.- INFORMACIÓN AL SUJETO DE EXPERIMENTACIÓN.

El proyecto de investigación para el cual le pedimos su participación se titula:
“Correlación de la limitación de la flexión dorsal del tobillo y variables que valoren el riesgo de caídas en el adulto mayor: estudio observacional”.

Para que usted pueda participar en este estudio es necesario contar con su consentimiento, y que conozca la información básica necesaria para que dicho consentimiento pueda considerarse verdaderamente informado. Por ello, le ruego que lea detenidamente la siguiente información. Si tuviera alguna duda exprésela, antes de firmar este documento, al investigador principal del proyecto, bien personalmente, bien a través del teléfono o por correo electrónico. Los datos del investigador principal del proyecto aparecen también en el presente documento.

La información básica que debe conocer es la siguiente:

- a) *Objetivo del estudio:* Determinar si el rango articular del tobillo puede ser un predictor de caídas en el adulto mayor.
- b) Metodología a utilizar para el estudio, tipo de colaboración que se espera de usted y duración de dicha colaboración:
Se realizará unas valoraciones donde se evaluará el estado funcional del participante, incluyendo el rango articular y diferentes aspectos del equilibrio.
El estudio constará de una única medición.
- c) Procedimientos preventivos, diagnósticos y/o terapéuticos disponibles alternativos a los que se investigan con este estudio: No se contemplan.
- d) Posibles molestias y riesgos de su participación en el estudio: NO EXISTEN RIESGOS SECUNDARIOS A ESTE ESTUDIO.
- e) Medidas para responder a los acontecimientos adversos: No se contemplan.
- f) Medidas para asegurar una compensación adecuada en el caso de que usted sufra algún daño: Existe seguro de responsabilidad civil profesional.
- g) *Beneficios que se espera obtener con la investigación:* Se espera conseguir efectos positivos sobre el equilibrio, además de valorar el nivel de efectividad de cada una de las técnicas.
- h) *Consecuencias de la no participación:* Si prefiere no participar, no afectará en ningún caso a la asistencia sanitaria y la relación con las personas de este centro, será igual de cordial y dedicada se decida o no a participar.

-
- i) *Posibilidad de retirada en cualquier momento y consecuencias*: Usted puede retirarse del proyecto en cualquier momento firmando la revocación del consentimiento que se incluye al final del documento. Su retirada no tendrá ninguna consecuencia negativa para usted, y será aceptada sin problemas por el equipo investigador.
- j) *¿Quién ha financiado el estudio?*: No existe financiación de ningún tipo.
- k) *¿Qué institución lo realiza?*: Se realiza a través de la Universitat de València en colaboración con la Clínica de Fisioterapia I+D.
- l) *Gratuidad por la participación*: No se obtendrá ninguna compensación económica por realizar este estudio.
- m) *Previsión de uso posterior de los resultados*: Los resultados se utilizarán con fines de investigación y publicación científica.
- n) Equipo investigador:
- David Hernández Guillén
- José María Blasco Igual
- o) Datos de contacto del investigador principal para aclaraciones o consultas:
- David Hernández Guillén
- Teléfonos de contacto:
- Correo electrónico:
- p) El proyecto se realizará siguiendo los criterios éticos internacionales recogidos en la Declaración de Helsinki.

2.- COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD.

- a) *Medidas para asegurar el respeto a la vida privada y a la confidencialidad de los datos personales*: Se han adoptado las medidas oportunas para garantizar la completa confidencialidad de los datos personales de los sujetos de experimentación que participen en este estudio, de acuerdo con la Ley De Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD) 15/1999, de 13 de diciembre.
- b) *Medidas para acceder a la información relevante para usted que surjan de la investigación o de los resultados totales*: Sepa que tiene derecho a acceder a la información generada sobre usted en el estudio, contactando con David Hernández Guillén a través de cualquiera de los métodos anteriormente citados.
- c) *Medidas tomadas por tratarse de un estudio anonimizado*: Se ha establecido un sistema de anonimización efectivo que no permite la identificación posterior del sujeto. En ningún caso se juntarán los consentimientos otorgados, donde sí se identifica al sujeto, con los cuestionarios utilizados en el estudio. En el uso que se realice de los resultados del estudio, con fines de docencia, investigación y/o publicación, se respetará siempre la debida anonimización de los datos de carácter personal, de modo que los sujetos de la investigación no resultarán identificados o identificables.

3.- CONSENTIMIENTO.

En el caso de que el sujeto de experimentación sea mayor de edad:

Don/Doña _____,
 mayor de edad, titular del DNI: _____, por el presente
 documento manifiesto que:

En el caso de que el sujeto de experimentación sea menor de edad o incapaz de obrar:

Don/Doña _____,
 mayor de edad, titular del DNI : _____,

padre, madre, tutor legal

de _____,

por el presente documento manifiesto que:

He sido informado/a de las características del Proyecto de Investigación titulado:
 “Correlación de la limitación de la flexión dorsal del tobillo y variables que valoren el
 riesgo de caídas en el adulto mayor: estudio observacional”.

He leído tanto el apartado 1 del presente documento titulado “información al sujeto de
 experimentación”, como el apartado 2 titulado “compromiso de confidencialidad”, y he
 podido formular las dudas que me han surgido al respecto. Considero que he entendido
 dicha información.

Estoy informado/a de la posibilidad de retirarme en cualquier momento del estudio.

En virtud de tales condiciones, consiento participar en este estudio.

Y en prueba de conformidad, firmo el presente documento en el lugar y fecha que se
 indican a continuación.

Valencia, _____ de _____ de 20__.

Nombre y apellidos del / de la participante:	Nombre y apellidos del padre, madre o tutor (en el caso de menores o incapaces):	Nombre y apellidos del investigador principal:
Firma:	Firma:	Firma:

Si el sujeto del estudio es un adolescente capaz intelectual y emocionalmente de entre
 12 y 16 años debe de ser oída su opinión y autorizar su participación en el estudio
 firmando también este consentimiento. Cuando se trate de menores no incapaces ni
 incapacitados, pero emancipados o con 16 años cumplidos, no cabe prestar el
 consentimiento por representación y será el propio sujeto del estudio quien firmará el
 consentimiento (Ley 41/2002).

REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO

Revoco el consentimiento prestado en fecha _____ para participar en el proyecto titulado “Correlación de la limitación de la flexión dorsal del tobillo y variables que valoren el riesgo de caídas en el adulto mayor: estudio observacional” y, para que así conste, firmo la presente revocación.

En Valencia, a _____ de _____ de 20__.

Nombre y apellidos del / de la participante:	Nombre y apellidos del padre, madre o tutor (en el caso de menores o incapaces):	Nombre y apellidos del investigador principal:
Firma:	Firma:	Firma:

Notas a tener en cuenta:

La información será siempre adaptada a las capacidades de comprensión del sujeto de experimentación.

En el caso de menores debe redactarse la hoja de información con un lenguaje lo más comprensible posible para ellos, con el fin de informarles de su contenido, aunque finalmente tenga que firmar su representante.

Debe haber un ejemplar de este documento firmado para el sujeto de experimentación o, en caso de menores, para su representante, y otro para el equipo investigador.

En función del diseño del estudio que se proponga realizar, se podrán incluir aspectos específicos, tanto en el documento de información al paciente como en el documento de consentimiento, para cubrir los aspectos esenciales y propios del mismo.

Anexo 13. Consentimiento informado Fase Experimental

DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO Y COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD

1.- INFORMACIÓN AL SUJETO DE EXPERIMENTACIÓN.

El proyecto de investigación para el cual le pedimos su participación se titula:
“Relación de la limitación de la flexión dorsal del tobillo y el riesgo de caídas en el adulto mayor: ensayo clínico aleatorizado”.

Para que usted pueda participar en este estudio es necesario contar con su consentimiento, y que conozca la información básica necesaria para que dicho consentimiento pueda considerarse verdaderamente informado. Por ello, le ruego que lea detenidamente la siguiente información. Si tuviera alguna duda exprésela, antes de firmar este documento, al investigador principal del proyecto, bien personalmente, bien a través del teléfono o por correo electrónico. Los datos del investigador principal del proyecto aparecen también en el presente documento.

La información básica que debe conocer es la siguiente:

- a) *Objetivo del estudio:* Determinar los efectos sobre el riesgo de caídas de diferentes técnicas manuales sensitivo-motoras sobre el tobillo y el pie en el adulto mayor.
- b) Metodología a utilizar para el estudio, tipo de colaboración que se espera de usted y duración de dicha colaboración:
Se realizarán dos valoraciones donde se evaluará su estado funcional antes de empezar los ejercicios y al finalizarlos.
El tratamiento dura dos semanas, realizando tres sesiones a la semana de una duración aproximada de 10 minutos.
Hay dos grupos, uno por técnica a realizar. A uno se le realiza terapia manual sobre el tobillo, y al otro el mismo protocolo, pero sin realizar presión alguna con las manos.
- c) Procedimientos preventivos, diagnósticos y/o terapéuticos disponibles alternativos a los que se investigan con este estudio: No se contemplan.
- d) Posibles molestias y riesgos de su participación en el estudio: NO EXISTEN RIESGOS SECUNDARIOS A ESTE ESTUDIO.
- e) Medidas para responder a los acontecimientos adversos: No se contemplan.
- f) Medidas para asegurar una compensación adecuada en el caso de que usted sufra algún daño: Existe seguro de responsabilidad civil profesional.
- g) *Beneficios que se espera obtener con la investigación:* Se espera conseguir efectos positivos sobre el equilibrio, además de valorar el nivel de efectividad de cada una de las técnicas.

-
- h) *Consecuencias de la no participación*: Si prefiere no participar, no afectará en ningún caso a la asistencia sanitaria y la relación con las personas de este centro, será igual de cordial y dedicada se decida o no a participar.
- i) *Posibilidad de retirada en cualquier momento y consecuencias*: Usted puede retirarse del proyecto en cualquier momento firmando la revocación del consentimiento que se incluye al final del documento. Su retirada no tendrá ninguna consecuencia negativa para usted, y será aceptada sin problemas por el equipo investigador.
- j) *¿Quién ha financiado el estudio?*: No existe financiación de ningún tipo.
- k) *¿Qué institución lo realiza?*: Se realiza a través de la Universitat de València en colaboración con el Centro Municipal de Actividades para Personas Mayores de Patraix y de la Clínica de Fisioterapia I+D.
- l) *Gratuidad por la participación*: No se obtendrá ninguna compensación económica por realizar este estudio.
- m) *Previsión de uso posterior de los resultados*: Los resultados se utilizarán con fines de investigación y publicación científica.
- n) Equipo investigador:
- David Hernández Guillén
 - José María Blasco Igual
- o) Datos de contacto del investigador principal para aclaraciones o consultas:
- David Hernández Guillén
 - Teléfonos de contacto:
 - Correo electrónico:
- p) El proyecto se realizará siguiendo los criterios éticos internacionales recogidos en la Declaración de Helsinki.

2.- COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD.

- a) *Medidas para asegurar el respeto a la vida privada y a la confidencialidad de los datos personales*: Se han adoptado las medidas oportunas para garantizar la completa confidencialidad de los datos personales de los sujetos de experimentación que participen en este estudio, de acuerdo con la Ley De Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD) 15/1999, de 13 de diciembre.
- b) *Medidas para acceder a la información relevante para usted que surjan de la investigación o de los resultados totales*: Sepa que tiene derecho a acceder a la información generada sobre usted en el estudio, contactando con David Hernández Guillén a través de cualquiera de los métodos anteriormente citados.
- c) *Medidas tomadas por tratarse de un estudio anonimizado*: Se ha establecido un sistema de anonimización efectivo que no permite la identificación posterior del sujeto. En ningún caso se juntarán los consentimientos otorgados, donde sí se identifica al sujeto, con los cuestionarios utilizados en el estudio. En el uso que se realice de los resultados del estudio, con fines de docencia, investigación y/o publicación, se respetará

siempre la debida anonimización de los datos de carácter personal, de modo que los sujetos de la investigación no resultarán identificados o identificables.

3.- CONSENTIMIENTO.

En el caso de que el sujeto de experimentación sea mayor de edad:

Don/Doña _____,
 mayor de edad, titular del DNI: _____, por el presente
 documento manifiesto que:

En el caso de que el sujeto de experimentación sea menor de edad o incapaz de obrar:

Don/Doña _____,
 mayor de edad, titular del DNI : _____,
 padre, madre, tutor legal
 de _____,
 por el presente documento manifiesto que:

He sido informado/a de las características del Proyecto de Investigación titulado:
 “Relación de la limitación de la flexión dorsal del tobillo y el riesgo de caídas en el
 adulto mayor: ensayo clínico aleatorizado”.

He leído tanto el apartado 1 del presente documento titulado “información al sujeto de
 experimentación”, como el apartado 2 titulado “compromiso de confidencialidad”, y he
 podido formular las dudas que me han surgido al respecto. Considero que he entendido
 dicha información.

Estoy informado/a de la posibilidad de retirarme en cualquier momento del estudio.

En virtud de tales condiciones, consiento participar en este estudio.

Y en prueba de conformidad, firmo el presente documento en el lugar y fecha que se
 indican a continuación.

Valencia, _____ de _____ de 20__.

Nombre y apellidos del / de la participante:	Nombre y apellidos del padre, madre o tutor (en el caso de menores o incapaces):	Nombre y apellidos del investigador principal:
Firma:	Firma:	Firma:

Si el sujeto del estudio es un adolescente capaz intelectual y emocionalmente de entre
 12 y 16 años debe de ser oída su opinión y autorizar su participación en el estudio
 firmando también este consentimiento. Cuando se trate de menores no incapaces ni
 incapacitados, pero emancipados o con 16 años cumplidos, no cabe prestar el
 consentimiento por representación y será el propio sujeto del estudio quien firmará el
 consentimiento (Ley 41/2002).

REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO

Revoco el consentimiento prestado en fecha _____ para participar en el proyecto titulado “Relación de la limitación de la flexión dorsal del tobillo y el riesgo de caídas en el adulto mayor: ensayo clínico aleatorizado” y, para que así conste, firmo la presente revocación.

En Valencia, a _____ de _____ de 20__.

Nombre y apellidos del / de la participante:	Nombre y apellidos del padre, madre o tutor (en el caso de menores o incapaces):	Nombre y apellidos del investigador principal:
Firma:	Firma:	Firma:

Notas a tener en cuenta:

La información será siempre adaptada a las capacidades de comprensión del sujeto de experimentación.

En el caso de menores debe redactarse la hoja de información con un lenguaje lo más comprensible posible para ellos, con el fin de informarles de su contenido, aunque finalmente tenga que firmar su representante.

Debe haber un ejemplar de este documento firmado para el sujeto de experimentación o, en caso de menores, para su representante, y otro para el equipo investigador.

En función del diseño del estudio que se proponga realizar, se podrán incluir aspectos específicos, tanto en el documento de información al paciente como en el documento de consentimiento, para cubrir los aspectos esenciales y propios del mismo.

Anexo 14. Consentimiento informado Dosis-Respuesta

DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO Y COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD

1.- INFORMACIÓN AL SUJETO DE EXPERIMENTACIÓN.

El proyecto de investigación para el cual le pedimos su participación se titula:
“Estudio de la eficacia de la terapia manual en la dorsiflexión en carga del tobillo en el adulto mayor sano: ensayo clínico aleatorizado.”

Para que usted pueda participar en este estudio es necesario contar con su consentimiento, y que conozca la información básica necesaria para que dicho consentimiento pueda considerarse verdaderamente informado. Por ello, le ruego que lea detenidamente la siguiente información. Si tuviera alguna duda expésela, antes de firmar este documento, al investigador principal del proyecto, bien personalmente, bien a través del teléfono o por correo electrónico. Los datos del investigador principal del proyecto aparecen también en el presente documento.

La información básica que debe conocer es la siguiente:

- a) *Objetivo del estudio:* Determinar los efectos de la terapia manual en la mejoría del rango articular del tobillo, sobretodo en dorsiflexión, en el adulto mayor.
- b) Metodología a utilizar para el estudio, tipo de colaboración que se espera de usted y duración de dicha colaboración:

Se realizarán nueve valoraciones donde se evaluará el rango articular en dorsiflexión en carga. Una previa a las intervenciones, una tras cada intervención para un total de seis, otra a la semana de la última intervención y la novena a las ocho semanas tras la intervención.

La intervención tendrá una duración de tres semanas, más una valoración a los tres meses de seguimiento. Cada valoración independiente (inicial y las dos de seguimiento) tendrá una duración de dos minutos. Cada intervención con valoración tendrá una duración de siete minutos.

Hay dos grupos. A uno se le realiza una movilización del tobillo y a otro se realizará el mismo protocolo con contacto manual sin presión alguna.

- c) Procedimientos preventivos, diagnósticos y/o terapéuticos disponibles alternativos a los que se investigan con este estudio: No se contemplan.
- d) Posibles molestias y riesgos de su participación en el estudio: NO EXISTEN RIESGOS SECUNDARIOS A ESTE ESTUDIO.
- e) Medidas para responder a los acontecimientos adversos: No se contemplan.
- f) Medidas para asegurar una compensación adecuada en el caso de que usted sufra algún daño: Existe seguro de responsabilidad civil profesional.
- g) *Beneficios que se espera obtener con la investigación:* Se espera conseguir efectos positivos sobre el equilibrio, además de valorar el nivel de efectividad de cada una de las técnicas.

h) *Consecuencias de la no participación*: Si prefiere no participar, no afectará en ningún caso a la asistencia sanitaria y la relación con las personas de este centro, será igual de cordial y dedicada se decida o no a participar.

i) *Posibilidad de retirada en cualquier momento y consecuencias*: Usted puede retirarse del proyecto en cualquier momento firmando la revocación del consentimiento que se incluye al final del documento. Su retirada no tendrá ninguna consecuencia negativa para usted, y será aceptada sin problemas por el equipo investigador.

j) *¿Quién ha financiado el estudio?*: No existe financiación de ningún tipo.

k) *¿Qué institución lo realiza?*: Se realiza a través de la Universitat de València en colaboración con el Centro Municipal de Actividades para Personas Mayores de Patraix y de la Clínica de Fisioterapia I+D.

l) *Gratuidad por la participación*: No se obtendrá ninguna compensación económica por realizar este estudio.

m) *Previsión de uso posterior de los resultados*: Los resultados se utilizarán con fines de investigación y publicación científica.

n) Equipo investigador:

- David Hernández Guillén
- José María Blasco Igual

o) Datos de contacto del investigador principal para aclaraciones o consultas:

- David Hernández Guillén
- Teléfonos de contacto:
- Correo electrónico:

p) El proyecto se realizará siguiendo los criterios éticos internacionales recogidos en la Declaración de Helsinki.

2.- COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD.

a) *Medidas para asegurar el respeto a la vida privada y a la confidencialidad de los datos personales*: Se han adoptado las medidas oportunas para garantizar la completa confidencialidad de los datos personales de los sujetos de experimentación que participen en este estudio, de acuerdo con la Ley De Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD) 15/1999, de 13 de diciembre.

b) *Medidas para acceder a la información relevante para usted que surjan de la investigación o de los resultados totales*: Sepa que tiene derecho a acceder a la información generada sobre usted en el estudio, contactando con David Hernández Guillén a través de cualquiera de los métodos anteriormente citados.

c) *Medidas tomadas por tratarse de un estudio anonimizado*: Se ha establecido un sistema de anonimización efectivo que no permite la identificación posterior del sujeto. En ningún caso se juntarán los consentimientos otorgados, donde sí se identifica al sujeto, con los cuestionarios utilizados en el estudio. En el uso que se realice de los resultados del estudio, con fines de docencia, investigación y/o publicación, se respetará siempre la debida anonimización de los datos de carácter personal, de modo que los sujetos de la investigación no resultarán identificados o identificables.

3.- CONSENTIMIENTO.

En el caso de que el sujeto de experimentación sea mayor de edad:

Don/Doña _____,
 mayor de edad, titular del DNI: _____, por el presente
 documento manifiesto que:

En el caso de que el sujeto de experimentación sea menor de edad o incapaz de obrar:

Don/Doña _____,
 mayor de edad, titular del DNI : _____,
 padre, madre, tutor legal
 de _____,
 por el presente documento manifiesto que:

He sido informado/a de las características del Proyecto de Investigación titulado:
 “Estudio de la eficacia de la terapia manual en la dorsiflexión en carga del tobillo en el
 adulto mayor sano: ensayo clínico aleatorizado.”

He leído tanto el apartado 1 del presente documento titulado “información al sujeto de
 experimentación”, como el apartado 2 titulado “compromiso de confidencialidad”, y he
 podido formular las dudas que me han surgido al respecto. Considero que he entendido
 dicha información.

Estoy informado/a de la posibilidad de retirarme en cualquier momento del estudio.

En virtud de tales condiciones, consiento participar en este estudio.

Y en prueba de conformidad, firmo el presente documento en el lugar y fecha que se
 indican a continuación.

Valencia, _____ de _____ de 20__.

Nombre y apellidos del / de la participante:	Nombre y apellidos del padre, madre o tutor (en el caso de menores o incapaces):	Nombre y apellidos del investigador principal:
Firma:	Firma:	Firma:

Si el sujeto del estudio es un adolescente capaz intelectual y emocionalmente de entre
 12 y 16 años debe de ser oída su opinión y autorizar su participación en el estudio
 firmando también este consentimiento. Cuando se trate de menores no incapaces ni
 incapacitados, pero emancipados o con 16 años cumplidos, no cabe prestar el
 consentimiento por representación y será el propio sujeto del estudio quien firmará el
 consentimiento (Ley 41/2002).

REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO

Revoco el consentimiento prestado en fecha _____ para participar en el proyecto titulado “Estudio de la eficacia de la terapia manual en la dorsiflexión en carga del tobillo en el adulto mayor sano: ensayo clínico aleatorizado.” y, para que así conste, firmo la presente revocación.

En Valencia, a _____ de _____ de 20__.

Nombre y apellidos del / de la participante:	Nombre y apellidos del padre, madre o tutor (en el caso de menores o incapaces):	Nombre y apellidos del investigador principal:
Firma:	Firma:	Firma:

Notas a tener en cuenta:

La información será siempre adaptada a las capacidades de comprensión del sujeto de experimentación.

En el caso de menores debe redactarse la hoja de información con un lenguaje lo más comprensible posible para ellos, con el fin de informarles de su contenido, aunque finalmente tenga que firmar su representante.

Debe haber un ejemplar de este documento firmado para el sujeto de experimentación o, en caso de menores, para su representante, y otro para el equipo investigador.

En función del diseño del estudio que se proponga realizar, se podrán incluir aspectos específicos, tanto en el documento de información al paciente como en el documento de consentimiento, para cubrir los aspectos esenciales y propios del mismo.

Anexo 15. Consentimiento informado Propuesta Multimodal

DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO Y COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD

1.- INFORMACIÓN AL SUJETO DE EXPERIMENTACIÓN.

El proyecto de investigación para el cual le pedimos su participación se titula:
“Influencia de la movilización de la articulación del tobillo como tratamiento complementario en el trabajo de reeducación del equilibrio en el adulto mayor: ensayo piloto aleatorizado”

Para que usted pueda participar en este estudio es necesario contar con su consentimiento, y que conozca la información básica necesaria para que dicho consentimiento pueda considerarse verdaderamente informado. Por ello, le ruego que lea detenidamente la siguiente información. Si tuviera alguna duda exprésela, antes de firmar este documento, al investigador principal del proyecto, bien personalmente, bien a través del teléfono o por correo electrónico. Los datos del investigador principal del proyecto aparecen también en el presente documento.

La información básica que debe conocer es la siguiente:

- a) *Objetivo del estudio:* Determinar si un tratamiento de terapia manual sobre el tobillo, orientado a la mejoría del rango articular, puede tener un efecto positivo sobre el equilibrio estático y dinámico del adulto mayor.
- b) Metodología a utilizar para el estudio, tipo de colaboración que se espera de usted y duración de dicha colaboración:
Se realizarán tres valoraciones donde se evaluará su estado funcional y se grabará con cámara, antes de empezar los ejercicios, al finalizarlos, y a los tres meses.
El tratamiento dura cuatro semanas, realizando dos sesiones a la semana de una duración aproximada de 45 minutos.
Hay dos grupos, los dos harán entrenamiento de equilibrio y a uno de ellos se les realizará terapia manual en el tobillo.
- c) Procedimientos preventivos, diagnósticos y/o terapéuticos disponibles alternativos a los que se investigan con este estudio: No se contemplan.
- d) Posibles molestias y riesgos de su participación en el estudio: NO EXISTEN RIESGOS SECUNDARIOS A ESTE ESTUDIO.
- e) Medidas para responder a los acontecimientos adversos: No se contemplan.
- f) Medidas para asegurar una compensación adecuada en el caso de que usted sufra algún daño: Existe seguro de responsabilidad civil profesional.
- g) *Beneficios que se espera obtener con la investigación:* Se espera conseguir una mejoría en el equilibrio y en el estado de salud general del participante.
- h) *Consecuencias de la no participación:* Si prefiere no participar no afectará en ningún caso a la asistencia sanitaria y la relación con las personas de este centro será igual de cordial y dedicada se decida o no a participar.

i) *Posibilidad de retirada en cualquier momento y consecuencias*: Usted puede retirarse del proyecto en cualquier momento firmando la revocación del consentimiento que se incluye al final del documento. Su retirada no tendrá ninguna consecuencia negativa para usted, y será aceptada sin problemas por el equipo investigador.

j) *¿Quién ha financiado el estudio?*: No existe financiación de ningún tipo.

k) *¿Qué institución lo realiza?*: Se realiza a través de la Universitat de València en colaboración de la Clínica I+D.

l) *Gratuidad por la participación*: No se obtendrá ninguna compensación económica por realizar este estudio.

m) *Previsión de uso posterior de los resultados*: Los resultados se utilizarán con fines de investigación y publicación científica.

n) Equipo investigador:

- David Hernández Guillén
- José María Blasco Igual
- Celedonia Blasco Igual
- Carlos Martínez Pérez
- Alejandro Sanoguera Torres

o) Datos de contacto del investigador principal para aclaraciones o consultas:

- David Hernández Guillén
- Teléfonos de contacto:
- Correo electrónico:

p) El proyecto se realizará siguiendo los criterios éticos internacionales recogidos en la Declaración de Helsinki.

2.- COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD.

a) *Medidas para asegurar el respeto a la vida privada y a la confidencialidad de los datos personales*: Se han adoptado las medidas oportunas para garantizar la completa confidencialidad de los datos personales de los sujetos de experimentación que participen en este estudio, de acuerdo con la Ley De Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD) 15/1999, de 13 de diciembre.

b) *Medidas para acceder a la información relevante para usted que surjan de la investigación o de los resultados totales*: Sepa que tiene derecho a acceder a la información generada sobre usted en el estudio, contactando con David Hernández Guillén a través de cualquiera de los métodos anteriormente citados.

c) *Medidas tomadas por tratarse de un estudio anonimizado*: Se ha establecido un sistema de anonimización efectivo que no permite la identificación posterior del sujeto. En ningún caso se juntarán los consentimientos otorgados, donde sí se identifica al sujeto, con los cuestionarios utilizados en el estudio. En el uso que se realice de los resultados del estudio, con fines de docencia, investigación y/o publicación, se respetará siempre la debida anonimización de los datos de carácter personal, de modo que los sujetos de la investigación no resultarán identificados o identificables.

3.- CONSENTIMIENTO.

En el caso de que el sujeto de experimentación sea mayor de edad:

Don/Doña _____,
 mayor de edad, titular del DNI: _____, por el presente
 documento manifiesto que:

En el caso de que el sujeto de experimentación sea menor de edad o incapaz de obrar:

Don/Doña _____,
 mayor de edad, titular del DNI: _____,
 padre, madre, tutor legal
 de _____,
 por el presente documento manifiesto que:

He sido informado/a de las características del Proyecto de Investigación titulado:
 “Influencia de la movilización de la articulación del tobillo como tratamiento
 complementario en el trabajo de reeducación del equilibrio en el adulto mayor: ensayo
 piloto aleatorizado”

He leído tanto el apartado 1 del presente documento titulado “información al sujeto de
 experimentación”, como el apartado 2 titulado “compromiso de confidencialidad”, y he
 podido formular las dudas que me han surgido al respecto. Considero que he entendido
 dicha información.

Estoy informado/a de la posibilidad de retirarme en cualquier momento del estudio.

En virtud de tales condiciones, consiento participar en este estudio.

Y en prueba de conformidad, firmo el presente documento en el lugar y fecha que se
 indican a continuación.

Valencia, _____ de _____ de 20__.

Nombre y apellidos del / de la participante:	Nombre y apellidos del padre, madre o tutor (en el caso de menores o incapaces):	Nombre y apellidos del investigador principal:
Firma:	Firma:	Firma:

Si el sujeto del estudio es un adolescente capaz intelectual y emocionalmente de entre
 12 y 16 años debe de ser oída su opinión y autorizar su participación en el estudio
 firmando también este consentimiento. Cuando se trate de menores no incapaces ni
 incapacitados, pero emancipados o con 16 años cumplidos, no cabe prestar el
 consentimiento por representación y será el propio sujeto del estudio quien firmará el
 consentimiento (Ley 41/2002).

REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO

Revoco el consentimiento prestado en fecha _____ para participar en el proyecto titulado “Influencia de la movilización de la articulación del tobillo como tratamiento complementario en el trabajo de reeducación del equilibrio en el adulto mayor: ensayo piloto aleatorizado” y, para que así conste, firmo la presente revocación.

En Valencia, a _____ de _____ de 20__.

Nombre y apellidos del / de la participante:	Nombre y apellidos del padre, madre o tutor (en el caso de menores o incapaces):	Nombre y apellidos del investigador principal:
Firma:	Firma:	Firma:

Notas a tener en cuenta:

La información será siempre adaptada a las capacidades de comprensión del sujeto de experimentación.

En el caso de menores debe redactarse la hoja de información con un lenguaje lo más comprensible posible para ellos, con el fin de informarles de su contenido, aunque finalmente tenga que firmar su representante.

Debe haber un ejemplar de este documento firmado para el sujeto de experimentación o, en caso de menores, para su representante, y otro para el equipo investigador.

En función del diseño del estudio que se proponga realizar, se podrán incluir aspectos específicos, tanto en el documento de información al paciente como en el documento de consentimiento, para cubrir los aspectos esenciales y propios del mismo.

Anexo 16. Hoja de recogida de datos de las valoraciones del estudio

HOJA DE VALORACIÓN DEL PACIENTE – DOCTORADO

GRUPO INTERVENCIÓN	Terapia Manual		Control		Basales	
--------------------	----------------	--	---------	--	---------	--

FECHA		ID PACIENTE	
-------	--	-------------	--

1. DATOS PERSONALES

Nombre				Apellidos			
F. Nac.				Teléfono	/		
Sexo	M		H	Altura (cm)		Peso (kg)	

2. HISTORIA PREVIA

CAÍDAS PREVIAS	SÍ		NO		Nº veces	
LESIÓN 3 meses	SÍ		NO		Descripción	
MAREO/VÉRTIGO	SÍ		NO		Tipo/Diag.	
PATOL. S.N.C.	SÍ		NO		Tipo/Diag.	
USA AYUDAS	SÍ		NO		Tipo	

EXPLICACIÓN DEL CUESTIONARIO

CAÍDAS PREVIAS	Caídas que haya tenido en el año anterior de la valoración. 0-1 caídas = 0; >1 = 1
LESIÓN 3-6 meses	Si ha tenido alguna lesión (golpe, esguince, etc.) en miembros inferiores. Apuntar. Objetivo: criterios de exclusión.
MAREO/VÉRTIGO	Si tiene o está diagnosticado del vértigos o mareos. Apuntar el tipo. Objetivo: Criterios exclusión.
PATOL. S.N.C.	Si está diagnosticado/a de alguna afectación del SNC. A veces no hace falta preguntar directamente. Preguntar si se le olvidan cosas o demás y observar si tiene alteraciones del patrón de la marcha o temblores. Objetivo: criterios exclusión. 0 = no; 1=leve o más de 3 meses; 2 = grave o menos de 3 meses.
USA AYUDAS	Si usa algún tipo de ayudas como bastón o andador. Necesario utilizarlas para el TUG.

3. OUTCOMES

3.1 Rango articular

ROM DORSIFLEXIÓN		Inicio	Dorsiflexión
Carga (°)	DERECHO		
	IZQUIERDO		
INSTRUCCIONES	<p>El participante se encuentra descalzo en bipedestación frente a la pared, debe apoyarse en la pared. Adelantará el tobillo a valorar ligeramente por delante del otro. Luego intentará tocar con la rodilla la pared sin levantar el talón del suelo. No debe llegar a tocar la pared con la rodilla para asegurar la flexión dorsal máxima.</p> <p>Se coloca el inclinómetro configurado con la horizontal primero en bipedestación y luego en la flexión dorsal máxima. Se coloca a unos 10 cm por debajo de la rótula.</p>		

ROM (rodilla 45°)		Flexión Plantar	Flexión Dorsal
Descarga (°)	DERECHO		
	IZQUIERDO		
INSTRUCCIONES	<p>El participante se encuentra sentado, con los pies apoyados de manera que las rodillas describan un ángulo de unos 45° con el fin de descartar la tensión de los gemelos. La prueba se hace descalzo.</p> <p>Se colocará el goniómetro telescópico de la siguiente manera: El eje justo debajo del polo inferior del maléolo externo. El brazo distal que pase sobre la apófisis estiloides del 5° meta. El brazo proximal que pase sobre la cabeza del peroné.</p>		

3.2 Movilidad funcional

TIMED UP & GO	Intento 1	Intento 2	Intento 3
Segundos			
INSTRUCCIONES	<p>El participante se encuentra sentado en una silla con apoya brazos. Previamente se habrá colocado una ralla a unos 30 cm del borde de la silla y un cono a tres metros de esa línea.</p> <p>El participante debe tener los pies detrás de la línea.</p> <p>Se tendrá que levantar, usando si quiere las manos para apoyarse, caminar lo más rápido que pueda y volver a sentarse. Si usa ayudas debe realizar la prueba con la ayuda pertinente. La prueba se hace calzado.</p> <p>Las órdenes serán las siguientes: Cuando le dé la señal se levantará de la silla usando las manos si quiere y caminará hasta el pivote. Luego lo rodeará por el lado que quiera y volverá en dirección a la silla. Cuando llegue a la silla procederá a sentarse de nuevo usando si quiere las manos.</p> <p>Instrucciones para la toma de medida: Se le debe indicar al participante cuando levantarse, en ese momento se activa el cronómetro.</p> <p>Se puede acompañar por seguridad al participante, pero siempre por detrás para no condicionarle la velocidad.</p> <p>El cronómetro se parará cuando se siente, normalmente cuando o apoye la espalda en el respaldo o que tenga un buen apoyo.</p> <p>La prueba se realiza tres veces. El participante puede practicarlo una o dos veces previamente.</p>		

3.3 Equilibrio dinámico

ONE LEG BALANCE	Intento 1	Intento 2	Intento 3
Segundos			
INSTRUCCIONES	<p>El participante se encuentra en bipedestación calzado cerca de una pared o agarre posible (mesa, silla, ...) El fisio permanece cerca para aportar seguridad.</p> <p>Antes de empezar el participante evalúa con la pierna que piensa que puede aguantar más, se le deja probar.</p> <p>Cuando el participante quiera procederá a levantar la pierna, en ese momento se activará el cronómetro. Puede usar los brazos para equilibrarse. El cronómetro se parará en cuanto el pie que está elevado toque el suelo.</p> <p>Órdenes verbales:</p> <p>En cuanto usted quiera puede levantar el pie del suelo. Debe intentar aguantar todo el tiempo posible con el apoyo de un solo pie. En cuanto vea que no aguanta más baje el pie de nuevo al suelo.</p> <p>La prueba se realiza tres veces. El tiempo máximo será de 60 segundos.</p>		

3.4 Equilibrio estático

POSTUROGRAFÍA (53 seg.)			Valor	Unidades
OJOS ABIERTOS	Área (mm ²)	→		mm ²
	Velocidad (m/s)	→		seg
OJOS CERRADOS	Área (mm ²)	→		mm ²
	Velocidad (m/s)	→		seg
INSTRUCCIONES	<p>El participante se encuentra en bipedestación descalzo sobre la plataforma (usar la guía para la buena colocación).</p> <p>Colocar un marcador centrado a la altura del participante para que fije la mirada.</p> <p>Se realiza una primera captura de la presión de la pisada.</p> <p>La segunda prueba debe ser la posturografía con ojos abiertos, realizando una captura de 53 segundos. Se le explica lo siguiente:</p> <p>Debe mirar el punto que tiene delante de usted durante casi un minuto. Debe tener las manos a los lados del cuerpo, las rodillas deben tener una ligera flexión evitando que estén bloqueadas y no debe apretar los dientes. Puede parpadear, pero no apartar la vista del punto ni hablar. Si necesitara moverse dígalos y se repite la prueba.</p> <p>La tercera es igual que la segunda, pero con los ojos cerrados. Se le explica lo mismo, pero se le añade lo siguiente:</p> <p>... Debe mirar el punto y cuando yo le diga debe cerrar los ojos. Cuando los cierre, para evitar desequilibrarse, imagínese que sigue viendo el punto y lo mira fijamente. Esta prueba se hace un poco larga. Además, notará como se balancea bastante, no se preocupe que yo estaré al lado por si acaso. Si necesitara parar abra los ojos y se puede repetir la prueba.</p> <p>En esta prueba se debe iniciar la prueba un segundo después de que cierre los ojos.</p> <p>Entre prueba y prueba que haga 3-5 ligeras flexiones de rodillas.</p>			

3.5 Límites de estabilidad

FUNCTIONAL REACH	Intento 3	Intento 4	Intento 5
cm (5 intentos)			
INSTRUCCIONES	<p>El participante se encuentra en bipedestación descalzo o con calcetines perpendicular a la pared en donde se encuentra el metro.</p> <p>Se le explica lo siguiente:</p> <p>Debe ponerse erguido (bien recto), en ese momento levante los brazos hasta ponerlos horizontales al suelo. Cierre los puños. En cuanto le diga deberá inclinarse hacia delante intentando no perder el equilibrio. Debe llevar los puños como si quisiera tocar ... (decirle un objeto que esté delante de él).</p> <p>Consideraciones:</p> <p>El paciente realiza la prueba 5 veces, pero sólo se toman las tres últimas medidas, las 2 primeras sirven de práctica.</p> <p>Se apunta la distancia inicial y la distancia final.</p> <p>Para asegurarse de la distancia usar una carpeta como cartabón para proyectar la medida sobre el metro.</p> <p>La medida se toma desde la cabeza del tercer metacarpiano.</p> <p>Debido a que según se hacen las pruebas suelen iniciar cada intento más inclinado, tomar como medida inicial la de la primera medida.</p>		

3.6 Cuestionario riesgo caídas

FALLS EFFICACY SCALE-INTERNATIONAL (SPANISH)

Le voy a presentar una serie de preguntas que tratan sobre su preocupación de tener una posible caída. Por cada una de las siguientes cuestiones, por favor marque la opción que piense que más se aproxima a cada situación. Si ve alguna que no realiza (por ejemplo: que vayan a comprar por usted), por favor conteste imaginándose cómo le preocuparía sufrir una caída SI estuviera realizando usted dicha actividad.

	ME PREOCUPA SUFRIR UNA CAÍDA AL ...	Nada 1	Un poco 2	Bastante 3	Mucho 4
1	Limpiar la casa (por ej., barrer, aspirar, limpiar el polvo...)				
2	Vestirme o desvestirme				
3	Preparar la comida				
4	Bañarme o ducharme				
5	Ir a comprar				
6	Sentarme o levantarme de una silla				
7	Subir o bajar escaleras				
8	Dar un paseo por la calle				
9	Intentar coger algo de una estantería o del suelo				
10	Ir a coger el teléfono antes de que pare de sonar				
11	Andar sobre una superficie resbaladiza (por ej., suelo mojado)				
12	Visitar a un amigo o similar				
13	Caminar entre una multitud				
14	Caminar sobre una superficie irregular (por ej., camino de piedras)				
15	Caminar pendiente arriba o pendiente abajo				
16	Ir a un evento social (por ej., a la iglesia, a una reunión familiar)				
SUBTOTAL					
TOTAL		/ 64			

Anexo 17. Hoja registro Lunge Test

TERAPIA MANUAL 1

ROM DORSIFLEXIÓN		Inicio	Dorsiflexión
Carga (°)	DERECHO		
	IZQUIERDO		

TERAPIA MANUAL 2

ROM DORSIFLEXIÓN		Inicio	Dorsiflexión
Carga (°)	DERECHO		
	IZQUIERDO		

TERAPIA MANUAL 3

ROM DORSIFLEXIÓN		Inicio	Dorsiflexión
Carga (°)	DERECHO		
	IZQUIERDO		

TERAPIA MANUAL 4

ROM DORSIFLEXIÓN		Inicio	Dorsiflexión
Carga (°)	DERECHO		
	IZQUIERDO		

TERAPIA MANUAL 5

ROM DORSIFLEXIÓN		Inicio	Dorsiflexión
Carga (°)	DERECHO		
	IZQUIERDO		

TERAPIA MANUAL 6

ROM DORSIFLEXIÓN		Inicio	Dorsiflexión
Carga (°)	DERECHO		
	IZQUIERDO		

Anexo 18. Escala de Equilibrio de Berg

1. Pasar de sedestación a bipedestación.

Instrucciones: El participante parte de sedestación en una silla con reposabrazos. "Por favor, póngase de pie. Intente no usar las manos para levantarse".

- 4. Capaz de levantarse sin usar las manos y estabilizarse independientemente.
- 3. Capaz de levantarse independientemente usando las manos.
- 2. Capaz de levantarse usando las manos después de varios intentos.
- 1. Necesita asistencia mínima para levantarse o estabilizarse.
- 0. Necesita asistencia moderada o máxima para levantarse.

2. Permanecer de pie sin apoyo.

Instrucciones: El participante parte de bipedestación. "Por favor, permanezca de pie durante 2 minutos sin apoyarse".

- 4. Capaz de permanecer de pie durante 2 minutos sin peligro.
- 3. Capaz de permanecer de pie durante 2 minutos con supervisión.
- 2. Capaz de permanecer de pie durante al menos 30 segundos sin apoyo.
- 1. Necesita varios intentos para permanecer de pie 30 segundos sin apoyo.
- 0. Incapaz de permanecer de pie 30 segundos sin asistencia.

***Si el sujeto es capaz de permanecer 2 minutos sin apoyo, puntúa 4 en el ítem 3 (sentado sin apoyo). Parar al ítem 4.

3. Sentado sin apoyar la espalda, pero con los pies apoyados en el suelo.

Instrucciones: El participante parte de sedestación en una silla con reposabrazos. "Por favor permanezca sentado, sin apoyar la espalda y con los brazos cruzados a la altura del pecho durante 2 minutos".

- 4. Capaz de permanecer sentado sin peligro 2 minutos.
- 3. Capaz de permanecer sentado 2 minutos bajo supervisión.
- 2. Capaz de permanecer sentado 30 segundos.
- 1. Capaz de permanecer sentado 10 segundos.
- 0. Incapaz de permanecer sentado sin apoyo 10 segundos.

4. Pasar de bipedestación a sedestación.

Instrucciones: El participante parte de bipedestación. "Por favor, siéntese. Intente no usar las manos para sentarse".

- 4. Se sienta sin peligro y con uso mínimo de las manos.
- 3. Controla el descenso usando las manos.
- 2. Usa la parte posterior de las piernas contra la silla para controlar el descenso.
- 1. Se sienta independientemente pero el descenso es incontrolado.
- 0. Necesita asistencia para sentarse.

5. Transferencias.

Instrucciones: Disponer de 2 sillas (una con reposabrazos y la otra sin reposabrazos) dispuestas una junto a la otra con el respaldo en contacto con la pared. El participante parte de sedestación en una silla sin reposabrazos. "Por favor, siéntese en la silla con reposabrazos y a continuación vuelva para sentarse en la silla sin reposabrazos. Intente no usar las manos para sentarse o levantarse".

- 4. Capaz de realizar la transferencia sin peligro con uso mínimo de las manos.
- 3. Capaz de realizar la transferencia sin peligro con moderada ayuda de las manos.

- 2. Capaz de realizar la transferencia con supervisión.
- 1. Necesita una persona que le asista para realizar la transferencia.
- 0. Necesita 2 personas para realizar la transferencia de forma segura.

6. Permanecer de pie con ojos cerrados.

Instrucciones: El participante parte de bipedestación. "Por favor, cierre los ojos y permanezca de pie durante 10 segundos".

- 4. Capaz de permanecer de pie con los ojos cerrados 10 segundos sin peligro.
- 3. Capaz de permanecer de pie con los ojos cerrados 10 segundos con supervisión.
- 2. Capaz de permanecer de pie con los ojos cerrados 3 segundos.
- 1. Incapaz de mantener 3 segundos los ojos cerrados pero continua estable.
- 0. Necesita ayuda para evitar una caída.

7. Permanecer de pie con pies juntos.

Instrucciones: El participante parte de bipedestación con los pies en posición side-by-side. "Por favor, mantenga los pies juntos y permanezca de pie sin utilizar ningún apoyo".

- 4. Capaz de permanecer de pie 1 min. en posición side-by-side.
- 3. Capaz de permanecer de pie 1 min. en posición side-by-side con supervisión.
- 2. Capaz de permanecer de pie 30 seg. en posición side-by-side con supervisión.
- 1. Necesita ayuda para posicionarse en side-by-side pero capaz de mantenerla durante 15 seg.
- 0. Necesita ayuda para alcanzar la posición y es incapaz de mantener 15 seg.

8. Alcance funcional.

Instrucciones: Disponer de una regla de 30cm. El participante parte de bipedestación. "Por favor, eleve sus brazos hasta formar un ángulo recto con su tronco y coloque sus manos una sobre la otra, extienda sus dedos y trate de alcanzar lo más lejos posible sobre la regla inclinándose frontalmente".

- 4. Puede alcanzar frontalmente con seguridad más de 25cm.
- 3. Puede alcanzar frontalmente más de 12,5 cm sin peligro.
- 2. Puede alcanzar frontalmente más de 5 cm sin peligro.
- 1. Es capaz de inclinarse frontalmente ligeramente pero necesita supervisión.
- 0. Pierde el equilibrio cuando lo intenta/requiere apoyo externo.

9. Recoger un objeto del suelo desde bipedestación.

Instrucciones: Disponer de un reloj/gafas. El participante parte de bipedestación. "Por favor, recoja el objeto que está colocado junto a sus pies".

- 4. Capaz de recoger el objeto sin peligro y fácilmente.
- 3. Capaz de recoger el objeto pero necesita supervisión.
- 2. Incapaz de recogerlo pero mantiene el equilibrio independientemente.
- 1. Incapaz de recogerlos y necesita supervisión mientras lo intenta.
- 0. Incapaz de intentarlo/necesita asistencia para no perder el equilibrio.

10. Girar a mirar hacia atrás sobre el hombro izquierdo y derecho mientras permanece de pie.

Instrucciones: Disponer de un rotulador/tijeras. El participante parte de bipedestación. El evaluador situado detrás del participante, muestra un objeto para que este rote su tronco sin mover los pies y lo identifique. "Por favor, gire el tronco y mire hacia atrás por encima".

de su hombro izquierdo e indíqueme que objeto tengo sobre mi mano. A continuación, repita la misma acción pero sobre su hombro derecho.

- 4. Mira hacia atrás por ambos lados y transfiere el peso bien identificando correctamente los objetos.
- 3. Mira hacia atrás solamente en un lado y en el otro lado muestra una menor transferencia del peso. Identifica solo uno de los dos objetos.
- 2. Gira solamente de reojo pero manteniendo el equilibrio. No identifica los dos objetos.
- 1. Necesita supervisión cuando gira. No identifica los dos objetos.
- 0. Necesita asistencia para evitar perder el equilibrio o caerse. No identifica los dos objetos.

11. Girar 360°.

Instrucciones: El participante parte de bipedestación. *"Por favor, de una vuelta completa sobre sí mismo, deténgase y a continuación gire de nuevo en la otra dirección".*

- 4. Capaz de girar 360° sin peligro en 4 seg. o menos.
- 3. Capaz de girar 360° sin peligro hacia un lado solamente en 4 seg. o menos.
- 2. Capaz de girar 360° sin peligro pero lentamente.
- 1. Necesita supervisión cercana o señales verbales.
- 0. Necesita asistencia mientras gira para evitar una caída.

12. Colocar alternativamente el pie en un step mientras permanece de pie sin apoyo.

Instrucciones: Disponer de un step pegado a una pared para evitar un posible deslizamiento. El participante parte de bipedestación. *"Por favor, coloque el pie derecho e izquierdo alternativamente sobre el step. Continúe hasta que cada pie haya subido y bajado 4 veces"* (Realizar una demostración previa al participante).

- 4. Capaz de permanecer de pie independientemente y sin peligro y completar 8 pasos en 20 seg. o menos.
- 3. Capaz de permanecer de pie independientemente y completar 8 pasos en más de 20 seg.
- 2. Capaz de completar 4 pasos sin ayuda pero con supervisión.
- 1. Capaz de completar 2 pasos con mínima ayuda.
- 0. Necesita asistencia para evitar caerse/incapaz de intentarlo.

13. Permanecer de pie, con un pie delante del otro.

Instrucciones: El participante parte de bipedestación con los pies en posición tandem-stand. *"Por favor, coloque un pie directamente delante del otro. Si siente que no puede colocar el pie directamente delante, intente dar un paso al frente para que el talón del pie adelantado esté justo delante del antepié del pie retrasado"* (Realizar una demostración previa al participante).

- 4. Capaz de colocar los pies en tandem-stand y mantener 30 seg.
- 3. Capaz de colocar un pie delante del otro independientemente y mantener 30 seg.
- 2. Capaz de dar un pequeño paso independiente y mantenerse 30 seg.
- 1. Necesita ayuda para dar el paso pero puede mantenerse 15 seg.
- 0. Pierde el equilibrio mientras da el paso o permanece de pie y necesita ayuda para no sufrir una caída.

14. Permanecer de pie en apoyo monopodal.

Instrucciones: El participante parte de bipedestación. "Por favor, trate de permanecer de pie sobre una pierna todo el tiempo que pueda sin apoyo".

- 4. Capaz de levantar la pierna independientemente y mantenerse más de 10 seg. En apoyo monopodal.
- 3. Capaz de levantar la pierna independientemente y mantenerse 5-10 seg. En apoyo monopodal.
- 2. Capaz de levantar la pierna independientemente y mantenerse entre 0 y 3 seg. En apoyo monopodal.
- 1. Intenta levantar la pierna pero es incapaz de mantenerse 3 seg. en apoyo monopodal aunque permanece de pie independientemente.
- 0. Incapaz de intentarlo necesita asistencia para evitar caerse durante la prueba.

Puntuación Berg Balance Scale
_____ (Puntos 0/56)

Observaciones:

A-ROM descarga

Tobillo derecho	Tobillo izquierdo	Media

Fe de erratas

Página 33. En el Segundo párrafo (...se llevó acabo) debiendo decir (...se llevó a cabo).

Página 120. Último párrafo (sobretudo) debiendo decir (sobre todo).

Página 121. Punto tercero, segundo renglón (embargo. algunas) debiendo llevar coma y no punto (embargo, algunas).