

# UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Facultad de Ciencias de la Educación  
Departamento de Educación Física y Deporte



## **EFFECTIVIDAD DE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO BASADO EN VIBRACIONES MECÁNICAS DE CUERPO ENTERO EN PACIENTES CON DIABETES MELLITUS TIPO 2 APLICADO EN UN ENTORNO DE ATENCIÓN PRIMARIA**

Tesis Doctoral



Rosa M<sup>a</sup> Alfonso Rosa  
2015



Tesis Doctoral

**EFFECTIVIDAD DE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO BASADO  
EN VIBRACIONES MECÁNICAS DE CUERPO COMPLETO EN  
PACIENTES CON DIABETES MELLITUS TIPO 2 APLICADO EN  
ENTORNO DE ATENCIÓN PRIMARIA**



DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN  
UNIVERSIDAD DE SEVILLA

**ROSA MARIA ALFONSO ROSA**

**2015**



*A mis padres y hermanos, por dármele todo a cambio de nada*  
*A la familia del Pozo-Cruz, por quererme como una hija y hermana*  
*A ti, por dedicarme cada día una sonrisa*





**D. FRANCISCO DE BORJA SAÑUDO CORRALES**, Doctor por la Universidad de Sevilla.

CERTIFICA:

Que, Doña **Rosa M<sup>a</sup> Alfonso Rosa**, Licenciada en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, ha realizado bajo mi dirección el trabajo titulado **“Efectividad de un programa de entrenamiento basado en vibraciones mecánicas de cuerpo completo en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 aplicado en entorno de atención primaria”**, y que a mi juicio reúne las condiciones necesarias de originalidad y rigor científico para ser defendido públicamente y optar al grado de Doctor por la Universidad de Sevilla .

Sevilla, a 6 de Abril de dos mil quince.

**Dr. Francisco de Borja Sañudo Corrales**





**THE UNIVERSITY OF AUCKLAND**  
**NEW ZEALAND**

**D. BORJA DEL POZO CRUZ**, Doctor por la Universidad Pablo de Olavide.

CERTIFICA:

Que, Doña **Rosa M<sup>a</sup> Alfonso Rosa**, Licenciada en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, ha realizado bajo mi dirección el trabajo titulado **“Efectividad de un programa de entrenamiento basado en vibraciones mecánicas de cuerpo completo en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 aplicado en entorno de atención primaria”**, y que a mi juicio reúne las condiciones necesarias de originalidad y rigor científico para ser defendido públicamente y optar al grado de Doctor por la Universidad de Sevilla .

Sevilla, a 6 de Abril de dos mil quince.

**Dr. Borja del Pozo Cruz**





**D. JESUS DEL POZO CRUZ**, Doctor por la Universidad Pablo de Olavide.

CERTIFICA:

Que, Doña **Rosa M<sup>a</sup> Alfonso Rosa**, Licenciada en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, ha realizado bajo mi dirección el trabajo titulado **“Efectividad de un programa de entrenamiento basado en vibraciones mecánicas de cuerpo completo en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 aplicado en entorno de atención primaria”**, y que a mi juicio reúne las condiciones necesarias de originalidad y rigor científico para ser defendido públicamente y optar al grado de Doctor por la Universidad de Sevilla .

Sevilla, a 6 de Abril de dos mil quince.

**Dr. Jesús del Pozo Cruz**



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>LISTA DE PUBLICACIONES</b> .....	13
<b>RESUMEN</b> .....	15
<b>ABREVIATURAS</b> .....	17
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	19
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	21
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	23
I.1. LA DIABETES MELLITUS.....	28
I.2. EJERCICIO VIBRATORIO.....	40
<b>OBJETIVOS</b> .....	49
<b>RESUMEN DE LA METODOLOGIA APLICADA</b> .....	53
III.1. DISEÑO, EMPLAZAMIENTO Y CONSIDERACIONES ÉTICAS....	55
III.2. PARTICIPANTES.....	55
III.3. VARIABLES DE ESTUDIO.....	57
III.4. PROCEDIMIENTOS E INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN.....	63
III.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	72
III.6. INTERVENCIÓN.....	73
<b>RESUMEN GLOBAL DE LOS RESULTADOS</b> .....	77
IV.1. ESTUDIO 1.....	79
IV.2. ESTUDIO 2.....	83
IV.3. ESTUDIO 3.....	87
IV.4. ESTUDIO 4.....	91
IV.5. ESTUDIO 5.....	93

<b>DISCUSIÓN</b> .....	97
V.1. ESTUDIO 1.....	99
V.2. ESTUDIO 2.....	103
V.3. ESTUDIO 3.....	107
V.4. ESTUDIO 4.....	111
V.5. ESTUDIO 5.....	115
<b>CONCLUSIONES</b> .....	117
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	121
<b>COPIA COMPLETA DE LAS PUBLICACIONES</b> .....	145
<b>ANEXOS</b> .....	185
COMITÉ ÉTICO.....	187
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	191

## LISTA DE PUBLICACIONES

La presente memoria de Tesis Doctoral está compuesta por los siguientes artículos científicos:

1. Test-Retest reliability and minimal detectable change scores for fitness assessment in older adults with type 2 diabetes. *Rehabil Nurs.*
2. Effects of a 12-wk whole-body vibration intervention to improve type 2 diabetes. *Maturitas.*
3. Whole body vibration training improves leg blood flow and adiposity in patients with type 2 diabetes mellitus. *Eur J Appl Physiol.*
4. A primary care-based randomised controlled trial of 12-week whole-body vibration for balance improvement in type 2 diabetes mellitus. *Arch Phys Med Rehabil.*
5. Efectos de un programa de ejercicio vibratorio de 12 semanas sobre la calidad de vida y la satisfacción con el tratamiento en pacientes adultos-mayores afectados por diabetes mellitus tipo 2. *Kronos.*



## RESUMEN

La diabetes mellitus es una enfermedad metabólica crónica, caracterizada por tener una alta prevalencia en la población adulta mayor y un manejo clínico complejo en el ámbito de la atención primaria, lo que se asocia a un impacto negativo en la calidad de vida relacionada con la salud y a un alto coste socio-económico. Encontrar soluciones que ayuden a mejorar la calidad de vida relacionada con la salud en las personas afectadas por diabetes mellitus tipo 2 podría ayudar a contener este altísimo impacto socio-económico. El objetivo general de la presente Tesis es determinar la aplicabilidad y efectividad de un programa de entrenamiento basado en vibraciones mecánicas de cuerpo completo aplicado en un entorno de atención primaria para la mejora de diferentes variables clínicas, capacidad funcional y de calidad de vida de un grupo de sujetos con diabetes mellitus tipo 2.

Un total de 50 adultos mayores con diabetes mellitus tipo 2 fueron distribuidos aleatoriamente en dos grupos, grupo control (CON=25) y grupo intervención (WBV=25). Los participantes en los grupos WBV y CON durante el desarrollo de la presente investigación tuvieron acceso a la atención habitual (visita ambulatoria para el control de los parámetros relacionados con la diabetes y dar consejos para mejorarla). Además, los sujetos pertenecientes al grupo WBV participaron en un programa de entrenamiento basado en ejercicios estáticos y dinámicos sobre una plataforma vibratoria durante doce semanas de duración, con una frecuencia de tres sesiones por semana. Las variables evaluadas fueron: clínicas y relacionadas con la salud, capacidad funcional, flujo sanguíneo y calidad de vida. Previo al tratamiento se procedió a comprobar la fiabilidad test-retest de las principales pruebas usadas para la evaluación de la condición física relacionada con la salud.

Los principales resultados encontrados tras la aplicación del tratamiento ponen de manifiesto que: a) existe una alta fiabilidad test-retest para la mayoría de las pruebas utilizadas para la evaluación de la condición física relacionada con la salud en personas diabéticas tipo 2, b) doce semanas de entrenamiento vibratorio son efectivas en la reducción de la hemoglobina glicosilada y el nivel de glucemia basal, mejorando los factores de riesgo cardiovascular y la capacidad funcional de sujetos con diabetes mellitus tipo 2, c) el entrenamiento vibratorio permite incrementar el flujo sanguíneo

de los miembros inferiores y disminuir la adiposidad en sujetos con diabetes mellitus tipo 2, d) la aplicación de doce semanas de una terapia basada en vibraciones mejora el control postural en pacientes con diabetes tipo 2 y e) no se detectan mejoras significativas tras la aplicación de una terapia basada en vibraciones mecánicas en la percepción de calidad de vida relacionada con la salud, evaluada mediante un cuestionario específico.

La principal conclusión de la presente Tesis Doctoral fue que el ejercicio vibratorio de cuerpo completo es aplicable, seguro y efectivo en el tratamiento de la diabetes mellitus tipo 2 en un contexto clínico, ayudando en el control y manejo de diferentes factores asociados a la enfermedad.

**PALABRAS CLAVE:** Diabetes mellitus tipo 2; entrenamiento vibratorio; adultos mayores; capacidad funcional; calidad de vida

## ABREVIATURAS

**CCI:** Coeficiente de correlación intraclase

**cm:** Centímetros

**COP:** Centro depresiones

**CV:** Coeficiente de variación

**CVRS:** Calidad de vida relacionada con la salud

**DM2:** Diabetes mellitus tipo 2

**EEM:** Error estándar de medida

**FC:** Frecuencia cardíaca

**GLUT-4:** Proteínas trasportadoras de glucosa

**Grupo CON:** Grupo control

**Grupo WBV:** Grupo intervención

**HbA<sub>1c</sub>:** Hemoglobina glicosilada

**HDL:** Lipoproteínas de alta densidad

**Hz:** Hercios

**IC:** Intervalo de confianza

**ICC:** Índice cintura cadera

**IMC:** Índice de masa corporal

**IP:** Índice de pulsatilidad

**IPAQ:** International Physical Activity Questionnaire

**IR:** Índice de resistencia

**Kg:** Kilogramos

**LDL:** Lipoproteínas de baja densidad

**m:** Metros

**MCD:** Mínimo cambio detectable

**mm:** Milímetros

**mmHg:** Milímetros de mercurio

**PAD:** Presión arterial diastólica

**PAS:** Presión arterial sistólica

**PMV:** Pico máximo de velocidad

**s:** Segundos

**Tacel:** Tiempo de aceleración en llegar al pico de flujo

**VD<sub>máx</sub>:** Velocidad diastólica máxima

**V<sub>med</sub>:** Velocidad media

**VS<sub>máx</sub>:** Velocidad sistólica máxima

**WBB:** Wii balance board

**WBV:** Whole body vibration

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Criterios para el diagnóstico de la diabetes mellitus.....	30
<b>Tabla 2.</b> Datos globales de prevalencia de diabetes mellitus tipo 2 en España...	31
<b>Tabla 3.</b> Complicaciones de la diabetes mellitus tipo 2.....	32
<b>Tabla 4.</b> Objetivos individuales según edad, duración de la diabetes y presencia de complicaciones o comorbilidades.....	34
<b>Tabla 5.</b> Principales efectos de los fármacos.....	35
<b>Tabla 6.</b> Variables de estudio e instrumentos/pruebas de valoración.....	58
<b>Tabla 7.</b> Pruebas estadísticas realizadas en cada estudio.....	72
<b>Tabla 8.</b> Descripción del protocolo de entrenamiento.....	73
<b>Tabla 9.</b> Descripción de los ejercicios de entrenamiento.....	74
<b>Tabla 10.</b> Análisis de la fiabilidad de los test de capacidad funcional en adultos mayores con DM2.....	81
<b>Tabla 11.</b> Efectos de una intervención de 12 semanas de entrenamiento vibratorio sobre el perfil bioquímico en adultos mayores con DM2.....	85
<b>Tabla 12.</b> Efectos de una intervención de 12 semanas de entrenamiento vibratorio sobre la capacidad funcional en adultos mayores con DM2.....	86
<b>Tabla 13.</b> Efectos de una intervención de 12 semanas de entrenamiento vibratorio en la función vascular en adultos mayores con DM2.....	88
<b>Tabla 14.</b> Efectos de una intervención de 12 semanas de entrenamiento vibratorio en la composición corporal en sujetos con DM2.....	89
<b>Tabla 15.</b> Coeficientes de correlación de Spearman entre el cambio en el flujo sanguíneo y la composición corporal.....	90
<b>Tabla 16.</b> Efectos de una intervención de 12 semanas de entrenamiento vibratorio en el equilibrio en sujetos adultos con DM2.....	92
<b>Tabla 17.</b> Comparación de las medidas del EsDQOL entre el pre-tratamiento y el post-tratamiento para ambos grupo.....	93
<b>Tabla 18.</b> Comparación de las medidas del DTSQ-s entre los pacientes con DM2 del grupo experimental y control para ambos test.....	94
<b>Tabla 19.</b> Comparación de las medidas del DTSQ-s del pretratamiento y post-tratamiento para ambos grupos.....	94
<b>Tabla 20.</b> Efectos de 12 semanas de entrenamiento vibratorio sobre la calidad de vida relacionada con la salud y la satisfacción con el tratamiento de la diabetes.....	95



## INDICE DE FIGURAS

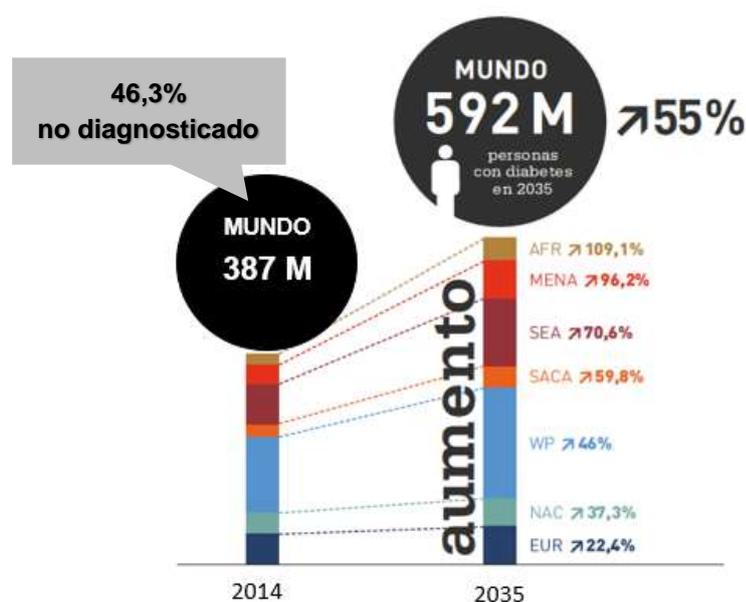
<b>Figura 1.</b> Cifras de personas afectadas por diabetes mellitus.....	25
<b>Figura 2.</b> Algoritmo de tratamiento de la hiperglucemia en la diabetes tipo 2.	35
<b>Figura 3.</b> Diferentes tipos de ondas de vibración.....	41
<b>Figura 4.</b> Tipos de plataformas y tipo de transferencia del estímulo.....	42
<b>Figura 5.</b> Tipo de variables que influyen en el ejercicio sobre plataforma de vibraciones.....	42
<b>Figura 6.</b> Flujo de participantes en los estudios 2, 3, 4 y 5.....	57
<b>Figura 7.</b> Gráficas Bland-Altman de las diferencias entre las pruebas de capacidad funcional del día 1 y día 2.....	80
<b>Figura 8.</b> Efectos de 12 semanas de entrenamiento vibratorio en la HbA <sub>1c</sub> y glucemia plasmática en ayunas.....	84
<b>Figura 9.</b> Relación entre la HbA <sub>1c</sub> y la capacidad aeróbica medido a través del test de caminar 6 minutos.....	85
<b>Figura 10.</b> Correlación entre los cambios en el índice de resistencia y los cambios en el porcentaje de masa grasa.....	90



# **INTRODUCCIÓN**



La diabetes mellitus se ha convertido en uno de los problemas de salud más graves de nuestra sociedad (International Diabetes Federation, 2013; Wild, Roglic, Green, Sicree, & King, 2004). Actualmente se estima que existen 387 millones de personas afectadas en el mundo (46,3% de personas no diagnosticadas), cifra que podría alcanzar los 592 millones en 2035, suponiendo un gasto total del presupuesto sanitario de 612 billones de dólares, 11% del total del presupuesto sanitario mundial (Figura 1) (International Diabetes Federation, 2013). Todos los tipos de diabetes aumentan, pero en particular existe un incremento exponencial de personas con diabetes mellitus tipo 2 (DM2). Este tipo de diabetes, representa el 85-95% del total de casos de diabetes en los países desarrollados, pudiendo ser este porcentaje incluso mayor en países en vías de desarrollo, en los cuales el proceso de industrialización y occidentalización acelerado condiciona una mayor prevalencia de la enfermedad (International Diabetes Federation, 2013).



**Figura 1.** Cifras de personas afectadas por diabetes mellitus (AFR: África; MENA: Oriente Medio y Norte de África; SEA: Sudeste Asiático; SACA: América Central y del Sur; WP: Pacífico Occidental; NAC: América del Norte y Caribe; EUR: Europa). Fuente: 6ª Edición Atlas de la Diabetes de la Federación Internacional de Diabetes (2013).

En España, la DM2 es una de las enfermedades más costosas para el sistema sanitario, tanto por su alta y creciente prevalencia, que se estima en un 13,8% del total de la población (Soriguer et al., 2012), como por su alto coste socioeconómico asociado al sistema nacional de salud, sobre todo en aquellos pacientes que tienen complicaciones

(Ballesta, Carral, Olveira, Giron, & Aguilar, 2006; Lopez-Bastida, Boronat, Moreno, & Schurer, 2013; Mata, Antonanzas, Tafalla, & Sanz, 2002). Tratamientos preventivos, entre los que destaca el ejercicio físico, pueden reducir sustancialmente su coste (Herman, 2011; Mata et al., 2002). Además, la calidad de vida relacionada con la salud (CVRS) se ve seriamente afectada, con disminuciones de la capacidad funcional de un 33% de media (Janssen, Lubetkin, Sekhobo, & Pickard, 2011). Por ello, junto con la implicación del propio paciente en el manejo y control de la enfermedad, es necesaria una intervención multidisciplinar que, aparte de la terapia farmacológica, incite al paciente a incrementar los niveles de actividad física (Magkos, Yannakoulia, Chan, & Mantzoros, 2009) para mejorar su condición física relacionada con la salud (Castillo-Garzón, Ruiz, Ortega, & Gutiérrez, 2006), minimizar el efecto que la DM2 presenta sobre la funcionalidad de los individuos que la padecen (Beamer, 2000; Martínez-Huedo et al., 2011) e incrementar los niveles de CVRS (Tomas-Carus et al., 2015).

De lo que no hay duda es que la inactividad física es un factor importante de riesgo de resistencia a la insulina (Alibegovic et al., 2010; Coon, Rogus, Drinkwater, Muller, & Goldberg, 1992) y de disfunción mitocondrial en el músculo esquelético (Ferrara, Goldberg, Ortmeier, & Ryan, 2006; Hernandez-Alvarez et al., 2010) en las personas con DM2. Hasta la fecha se sabe que el ejercicio físico contribuye a disminuir la resistencia a la insulina (Hansen, 1995; Rector et al., 2011), y se asume que es un factor de prevención de primer orden contra determinadas enfermedades asociadas a trastornos metabólicos, como la diabetes (Hawley & Holloszy, 2009; Herman, 2011). En este sentido, la práctica de ejercicio físico conlleva adaptaciones fisiológicas y metabólicas que incrementan la sensibilidad a la insulina y el control glucémico (Borghouts & Keizer, 2000; Zanuso, Jimenez, Pugliese, Corigliano, & Balducci, 2010) y con solo pequeños incrementos en los niveles de condición física se han observado mejoras sustanciales en este grupo de población, disminuyendo de forma significativa el número de patologías asociadas (Church, 2011). Otro dato importante es que parece haber una fuerte relación inversa (dosis-respuesta) entre el nivel de condición física y el riesgo de desarrollo de enfermedades metabólicas (LaMonte, Ainsworth, & Durstine, 2005) y una relación positiva entre esa mejora en la condición física y su reflejo en la CVRS en pacientes con DM2 (Vallance, Eurich, Lavalley, & Johnson,

2012). Sin embargo, y a pesar de estas evidencias, son escasos los estudios destinados específicamente a valorar el papel del ejercicio físico en la mejora del nivel de condición física en personas con DM2 (Bennett, Ouyang, Wu, Barone, & Stewart, 2008), y los estudios disponibles han cosechado unos resultados contradictorios unidos a altas tasas de abandono ya que, por lo general, estos pacientes presentan bajos niveles de condición física inicial, suelen ser obesos y presentan otras patologías concomitantes que limitan una práctica prolongada de actividad física (Baum, Votteler, & Schiab, 2007; Yang, Scott, Mao, Tang, & Farmer, 2014). Por este motivo, recientemente las vibraciones mecánicas de cuerpo completo (WBV de sus siglas en inglés) se ha sugerido como una herramienta eficaz que requiere una menor condición física inicial y un menor tiempo de aplicación para obtener mejoras en la función física, disminuir el riesgo de caídas y fracturas en personas mayores (Lam, Lau, Chung, & Pang, 2012; Orr, 2015). Además, esta terapia ha sido promovida como una alternativa segura y de bajo impacto en personas con movilidad limitada (Orr, 2015). Bajo esta perspectiva, son numerosos los efectos beneficiosos atribuidos al entrenamiento vibratorio sobre la condición física (fuerza, potencia o flexibilidad), sobre el equilibrio, flujo sanguíneo y sobre el perfil hormonal (Marin et al., 2012; Orr, 2015; Rauch et al., 2010). Por este motivo, los estudios que han evaluado estos efectos sobre la condición física y la calidad de vida en diversas poblaciones clínicas se han incrementado sensiblemente en los últimos años (Cristi, Collado, Marquez, Garatachea, & Cuevas, 2014; Rauch et al., 2010; Sanudo et al., 2012) obteniendo mejoras significativas en todos los parámetros resaltados anteriormente. Sin embargo, los estudios basados en WBV en personas con diabetes mellitus son escasos (Baum et al., 2007; Behboudi, Azarbayjani, Aghaalinejad, & Salavati, 2011; Lee, Lee, & Song, 2013), lo cual resulta extraño ya que, además de las bases anteriormente descritas, este tipo de entrenamiento ha demostrado ser beneficioso sobre la función endotelial y enzimática del metabolismo energético (Ostergard et al., 2006) que permiten reforzar la habilidad para transportar la glucosa dentro de las células al incrementar el contenido de proteínas transportadoras de glucosa (GLUT-4) y su desplazamiento a la membrana (Holten et al., 2004). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es determinar la aplicabilidad y efectividad de un programa de entrenamiento basado en WBV aplicado

en un entorno de atención primaria para la mejora de diferentes variables clínicas, capacidad funcional y de calidad de vida de un grupo de sujetos con DM2.

### **I.1. LA DIABETES MELLITUS**

#### **I.1.1. Definición**

La diabetes mellitus es una enfermedad metabólica crónica, caracterizada por niveles persistentemente elevados de glucosa en sangre, como consecuencia de una alteración en la secreción de insulina, en la acción de la insulina, o en ambas (American Diabetes Association, 2014). A continuación se describen las diferentes categorías de diabetes mellitus más generalizadas en la actualidad.

#### **I.1.2. Clasificación de la diabetes mellitus**

Atendiendo a la clasificación de la Asociación Americana de Diabetes (2014), la diabetes mellitus puede clasificarse en cuatro categorías clínicas:

- *Diabetes mellitus tipo 1*

La diabetes mellitus tipo 1 (representa sólo el 5-10% de los casos) se caracteriza por la destrucción de la células  $\beta$  de los islotes de Langerhans de la porción endocrina del páncreas, llevando a una deficiencia absoluta en la secreción de la insulina. La causa de esta destrucción celular es generalmente autoinmune (diabetes mellitus tipo 1A), pudiéndose demostrar la existencia de anticuerpos contra las células de los islotes u otros auto-anticuerpos (anti-GAD, anti-insulina o anti-IA-2) que podrían derivar en estas deficiencias (American Diabetes Association, 2014).

En algunas personas no se encuentra ningún anticuerpo, por lo que no existe evidencia de autoinmunidad en ellos, ni otra causa que justifique la destrucción de las células  $\beta$ . La enfermedad para ellos se define como idiopática (diabetes mellitus tipo 1B) (National Diabetes Data Group, 1979).

Este tipo de diabetes tipo 1 suele presentarse durante la infancia o en adultos jóvenes, siendo el índice de destrucción de las células  $\beta$  bastante variable (rápido principalmente en niños y adolescentes, y lento en su mayoría en adultos) (American Diabetes Association, 2014).

- *Diabetes mellitus tipo 2*

La DM2 (representa el 90-95% de los casos) estaría determinada por un grupo heterogéneo de trastornos que se caracterizan por grados variables de resistencia a la insulina, alteración de la secreción de la insulina y un aumento en la producción de la glucosa. Son sujetos que no precisan insulina para evitar la cetosis, aunque puedan requerirla para conseguir un adecuado control metabólico en determinados periodos (American Diabetes Association, 2014).

A pesar de que la etiología de este tipo de diabetes se desconoce, lo que sí parece claro es que no existe destrucción autoinmune de células  $\beta$ . Además, el riesgo de desarrollarla aumenta con la edad, sobrepeso/obesidad e inactividad física, y sus síntomas clásicos no suelen aparecer en etapas tempranas (American Diabetes Association, 2014).

- *Diabetes gestacional*

La diabetes gestacional es un trastorno de la regulación de la glucosa que aparece durante el embarazo en una mujer no diagnosticada previamente de diabetes. La mayoría de las mujeres recuperan una tolerancia a la glucemia normal después del parto, pero tienen un riesgo sustancial de desarrollar diabetes en etapas posteriores de la vida (American Diabetes Association, 2014).

- *Otros tipos de diabetes mellitus*

Existen diferentes tipos de diabetes mellitus debido a otras causas, como defectos genéticos en la función de las células  $\beta$  o en la acción de la insulina, enfermedades del páncreas exocrino (como la fibrosis quística) o inducidas farmacológica o químicamente, como ocurre en el tratamiento del VIH/sida o tras trasplante de órganos (American Diabetes Association, 2014).

### **I.1.3. Criterios diagnósticos**

La diabetes mellitus se diagnostica normalmente basándose en criterios de glucosa en plasma (Tabla 1), ya sea el nivel de glucemia plasmática en ayunas o el valor de glucemia a las dos horas del test de tolerancia oral a la glucosa (con 75 g de glucosa).

Recientemente el Comité Internacional de Expertos añadió la hemoglobina glicosilada ( $HbA_{1C}$ )  $\geq 6,5\%$  como una tercera opción para diagnosticar la diabetes (Committee International Expert, 2009).

**Tabla 1.** Criterios para el diagnóstico de la diabetes mellitus

- $HbA_{1C} \geq 6,5\%$ *
<i>o bien</i>
-Glucemia plasmática en ayunas $\geq 126$ mg/dL*
<i>o bien</i>
-Glucemia plasmática a las dos horas después del test de tolerancia oral a la glucosa (con 75 g de glucosa) $\geq 200$ mg/dL*
<i>o bien</i>
-Glucemia plasmática $\geq 200$ mg/dL en pacientes con síntomas clásicos de hiperglucemia o crisis de hiperglucemia.

\*Una cifra diagnóstica de diabetes mellitus con cualquiera de los test (salvo si hay hiperglucemia o hiperglucemia severa) ha de confirmarse mediante una segunda determinación preferentemente con el mismo test.

### I.1.4. Epidemiología

En la actualidad, la DM2 se ha convertido en uno de los problemas sanitarios más graves de nuestro tiempo. Las estimaciones indican que actualmente hay 246 millones de personas afectadas en todo el planeta, cifra que según los resultados del Estudio di@bet.es elaborado por el Centro de Investigación Biomédica en Red de Diabetes y Enfermedades Metabólicas Asociadas podría alcanzar los 380 millones en el año 2025 si se cumplen las últimas predicciones (Soriguer et al., 2012).

Tradicionalmente, como aproximación a la prevalencia de DM2 en España, se han utilizado encuestas, registros médicos o estimaciones basadas en el consumo de fármacos. Sin embargo, estos métodos subestiman la dimensión real del problema al incluir sólo los casos de diabetes conocida. Más reales son las estimaciones basadas en estudios poblacionales con la realización del test de tolerancia oral a la glucosa a muestras seleccionadas de dicha población (Soriguer et al., 2012). Así, según el Estudio Di@bet.es, los datos obtenidos superan los peores presagios, ya que muestran que el 13,8 % de los españoles mayores de 18 años tienen DM2, lo que equivale a más de 5,3 millones de personas. De ellos, casi 3 millones ya estaban diagnosticados, pero 2,3 millones (6% de la población), desconocían que padecían la enfermedad (Soriguer et al., 2012) (Tabla 2). Es importante destacar la gran proporción de personas que

desconocen que presentan diabetes, ya que el retraso en su detección implica que cuando se diagnostica la enfermedad, el 50% de pacientes presenta ya alguna complicación. Esto es grave si tenemos en cuenta que el tratamiento de las complicaciones es tanto más eficaz cuanto más precoz es el mismo (American Diabetes Association, 2014).

<b>Tabla 2. Datos globales de prevalencia de diabetes mellitus tipo 2 en España</b>		
	<b>% prevalencia (≥ 18 años)</b>	<b>Número prevalencia (≥ 18 años)</b>
<b>Diabetes diagnosticada</b>	7,8%	2.996.395
<b>Diabetes no diagnosticada</b>	6,0%	2.304.919
<b>Diabetes total</b>	13,8%	5.301.314
<b>Tolerancia anormal a la glucosa</b>	9,2%	3.534.210
<b>Glucosa alterada en ayunas</b>	3,4%	1.306.121
<b>Obesidad: IMC&gt;30</b>	22,8%	10.863.431
IMC: índice de masa corporal		
<b>Fuente:</b> Adaptado de Soriguer F et al., 2012.		

Este estudio también ha arrojado otros datos preocupantes, ya que el 12,6% de la población, más de 4,8 millones de personas, tienen tolerancia anormal a la glucosa o glucosa alterada en ayunas, situaciones que podrían considerarse prediabéticas. Además, cerca de 11 millones de españoles son obesos (American Diabetes Association, 2014). Estas cifras alarmantes llevan asociadas numerosas complicaciones tanto agudas como crónicas, las cuales aparecen descritas en el siguiente apartado.

### **I.1.5. Manifestaciones clínicas, factores de riesgo y complicaciones asociadas**

La DM2 suele comenzar de forma insidiosa y la sintomatología asociada suele ser tan escasa, que en ocasiones tan solo se resalta cuando tiene lugar alguna complicación. Los principales síntomas son poliuria, polidipsia, polifagia, aumento o pérdida excesiva de peso y astenia. Junto a estos síntomas generales se presentan a veces infecciones cutáneas recidivantes, balanopostitis, retraso en la cicatrización de las heridas, bulbo-vaginitis, acroparestesia, somnolencia posprandial, etc. (American Diabetes Association, 2014; National Diabetes Data Group, 1979).

A pesar de que las causas para el desarrollo de la DM2 aún no se conocen con certeza, sí que existen una serie de factores de riesgo, entre los que destacan los siguientes (International Diabetes Federation, 2013):

- Obesidad.
- Mala alimentación.
- Falta de práctica de actividad física.
- Antecedentes de diabetes gestacional, intolerancia a la glucosa o glucemia basal alterada.
- Antecedentes familiares de diabetes en pacientes en primer grado (padres, hijos).
- Etnia.
- Nutrición pobre durante el embarazo que afecte al desarrollo del niño/a.

Por último, las complicaciones asociadas a la diabetes mellitus varían desde situaciones reversibles hasta algunas que pueden llevar a la muerte de la persona. En la tabla 3, se pueden observar las complicaciones de la DM2.

**Tabla 3.** Complicaciones de la diabetes mellitus tipo 2

<b>Agudas</b>	Hipoglucemia	
	Hiperglucemia	
	Cetoacidosis	
	Coma hiperosmolar	
<b>Crónicas</b>	<i>Microvasculares</i>	Oculares (retinopatía diabética, catarata, glaucoma)
		Renales (nefropatía diabética)
		Sistema nervioso (central, periférico, polineuropatía, mononeuropatía, autónomo)
	<i>Macrovasculares</i>	Cardiopatía diabética
		Enfermedad isquémica
		Arteriosclerosis generalizada
		Enfermedad cerebrovascular
		Pie diabético
		Piel del diabético
	<b>Fuente:</b> Adaptado de López, 2009.	

Las complicaciones que sufren las personas con DM2, además de conllevar un alto coste socio-económico (Lopez-Bastida et al., 2013), suelen asociarse a una

disminución en la CVRS (Mata Cases, Roset Gamisans, Badia Llach, Antonanzas Villar, & Ragel Alcazar, 2003). Por ello, encontrar soluciones que ayuden a mejorar la CVRS podría ayudar a contener el altísimo impacto socio-económico que la enfermedad presenta (Lopez-Bastida et al., 2013). En este sentido, sería adecuada la implementación de un plan de tratamiento tanto farmacológico como no farmacológico que conduzca a mejorar la CVRS de las personas con DM2.

### **I.1.6. Tratamiento de la diabetes mellitus tipo 2**

El Estudio Di@bet.es aporta información sobre el grado de adherencia de los pacientes a los programas de salud. La educación sanitaria es una pieza importante en el tratamiento de la diabetes y de la obesidad, así como otras enfermedades crónicas (American Diabetes association, 2015). A pesar de que los programas de educación sanitaria en las personas con diabetes persiguen que hagan ejercicio, pierdan peso o dejen de fumar, el estudio señala que la mayoría de las personas con DM2 no modifican sus hábitos de salud en proporción diferente a las personas no diabéticas (Soriguer et al., 2012).

Evidentemente, esta situación es preocupante, ya que además de la carga personal que supone la diabetes para el paciente que la padece, no podemos olvidar la repercusión económica y de sobrecarga para el sistema asistencial (Lopez-Bastida et al., 2013). A diferencia de otras enfermedades en las que una intervención ofrece resultados más dudosos, hay estudios que avalan la importancia de una atención terapéutica multidisciplinar para el manejo y control de la DM2 (Magkos et al., 2009). Además, en la actualidad no existe una cura definitiva para la DM2 pero si existen tratamientos efectivos que ayudan al manejo y control de los niveles de glucosa en sangre. Por lo general, el tratamiento se basa en cuatro pilares fundamentales: educación diabetológica, tratamiento farmacológico, nutrición y ejercicio físico. Pero antes de aplicar un tratamiento, y siguiendo las recomendaciones de la Asociación Americana de la Diabetes para la práctica clínica en el manejo de la diabetes (2014), es necesario establecer objetivos individualizados según la edad, duración de la diabetes y la presencia de complicaciones o comorbilidades del paciente (Tabla 4).

Tabla 4. Objetivos individualizados según edad, duración de la diabetes y presencia de complicaciones o comorbilidades		
Edad	Duración de la diabetes mellitus, presencia de complicaciones o comorbilidades	HbA <sub>1c</sub> Objetivo
≤ 65 años	Sin complicaciones o comorbilidades graves	< 7,0% *
	> 15 años de evolución o con complicaciones o comorbilidades graves	< 8,0%
66-75 años	≤ 15 años de evolución sin complicaciones o comorbilidades graves	< 7,0%
	>15 años de evolución sin complicaciones o comorbilidades graves	7,9-8,0%
	Con complicaciones o comorbilidades graves	< 8,5%**
≥ 75 años		< 8,5%**
<p><b>Basado en:</b> Ismail-Beiji F, et al. Ann Intern Med 2011; 154:554-9.</p> <p>*Puede plantearse un objetivo de HbA<sub>1c</sub> ≤ 6,5% en los pacientes más jóvenes y de corta evolución de la diabetes en tratamiento no farmacológico o con monoterapia.</p> <p>**No se debe renunciar al control de los síntomas de hiperglucemia, independientemente del objetivo de HbA<sub>1c</sub>.</p>		

#### I.1.6.1. Tratamiento farmacológico

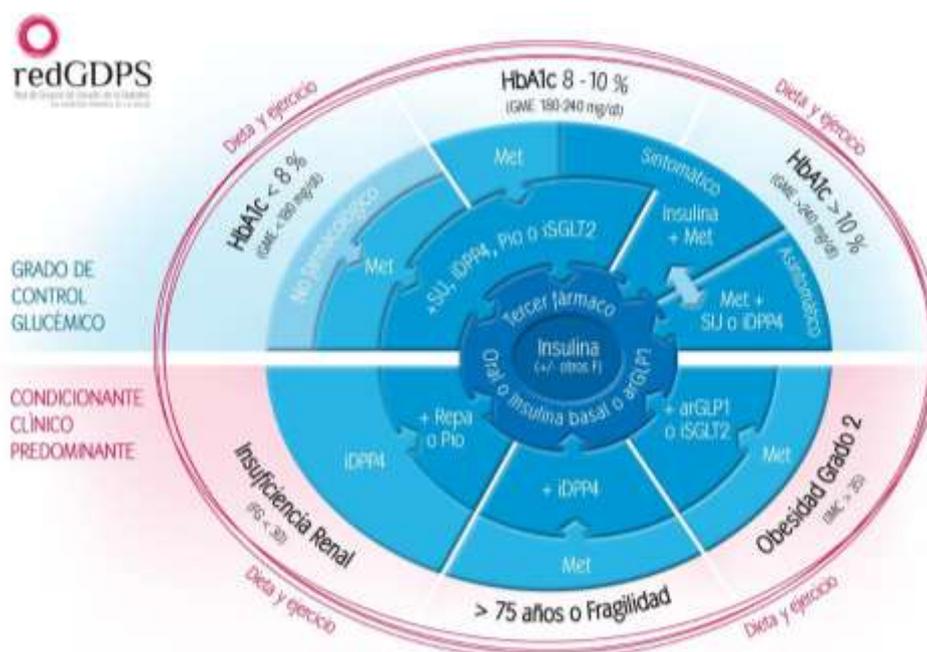
El tratamiento farmacológico individualizado es actualmente el paradigma en el abordaje terapéutico de la DM2. En la toma de decisiones, los clínicos han de atender a las características particulares de la enfermedad, la comorbilidad, las preferencias del paciente y los recursos disponibles. Por ello, el objetivo del algoritmo terapéutico de la Red de Grupos de Estudio de la Diabetes en Atención Primaria de Salud (Figura 2) es el de ayudar a los clínicos en la toma de decisiones para el manejo individualizado de la DM2. Este algoritmo contempla las situaciones clínicas en pacientes adultos con DM2 más relevantes y frecuentes en la práctica habitual. Para una mayor comprensión del algoritmo terapéutico, en la tabla 5 se recogen los principales efectos de los fármacos aplicados en monoterapia.

**Tabla 5.** Principales efectos de los fármacos (en monoterapia)

Clase de fármaco	Reducción HbA <sub>1c</sub>	Riesgo de hipoglucemias	Efecto sobre el peso corporal	Coste
Metformina	+++	-	Neutro o reducción	Bajo
Sulfonilureas	+++	++	Incrementa	Bajo
Repaglinida	++	+	Incrementa	Medio
Inhibidores de la dipeptidil peptidasa	+	-	Neutro	Alto
Agonistas del receptor del péptido similar al glucagón 1	+ / +++	-	Reducción	Muy Alto
Inhibidores del cotransportador de sodio y glucosa	+	-	Reducción	Alto
Pioglitazona	+++	-	Incrementa	Alto
Insulinas	++++	+++	Incrementa	Medio/Alto

**Fuente:** Adaptado de Alemán JJ et al., 2014.

El algoritmo terapéutico representado en la figura 2, ofrece dos opciones de entrada según las cifras de HbA<sub>1c</sub> o glucemia media estimada, y según la situación clínica predominante (insuficiencia renal, edad avanzada y obesidad) ayudando a valorar las opciones terapéuticas y a personalizar el tratamiento.



**Figura 2.** Algoritmo de tratamiento de la hiperglucemia en la diabetes tipo 2 (arGLP1: agonistas del receptor del péptido similar al glucagón 1; F: fármacos; FG: filtrado glomerular; GME: glucemia media estimada; iDPP4: inhibidores de la dipeptidil peptidasa 4; IMC: índice de masa corporal; SGLT2: inhibidores del cotransportador de sodio y glucosa 2; Met: metformina; Pio: pioglitazona; Repa: repaglinida; SU: sulfonilureas) (Alemán et al., 2014)

A continuación se describen las pautas para su correcta lectura e interpretación:

- $HbA_{1C} < 8\%$ : En algunos pacientes es posible conseguir el objetivo solo con la modificación de estilos de vida (dieta y ejercicio). Si en 3-6 meses no se consigue, se recomienda la introducción de la metformina modificando progresivamente la dosis hasta 2-3 comprimidos/día (o máxima tolerada). En caso de intolerancia o contraindicación, se optará por una sulfonilureas (gliclazida o glimepirida) o inhibidores de la dipeptidil peptidasa (si hay riesgo elevado de hipoglucemias, edad avanzada o insuficiencia renal). Si con monoterapia no se consigue el objetivo, se combinará con sulfonilureas o inhibidores de la dipeptidil peptidasa u otro fármaco oral (individualizar). Si no se alcanza el objetivo, se añadirá un tercer fármaco oral, insulina basal o un agonista del receptor del péptido similar al glucagón 1.
- $HbA_{1C} 8-10\%$ : aunque es posible iniciar con monoterapia en pacientes asintomáticos, parece razonable comenzar con dosis bajas de dos fármacos antidiabéticos (metformina + sulfonilureas o inhibidores de la dipeptidil peptidasa) o insulina basal + metformina si el paciente está muy sintomático.
- $HbA_{1C} > 10\%$ : el paciente suele estar muy sintomático. Si hay pérdida de peso reciente, es preferible comenzar con insulina basal asociada a metformina. En casos poco sintomáticos, se puede probar con dosis bajas de dos fármacos (metformina + sulfonilureas o inhibidores de la dipeptidil peptidasa).

### *Condicionante clínico predominante (de mayor a menor)*

- Insuficiencia renal con filtrado glomerular  $<30$  ml/min: dado que existe contraindicación para metformina, sulfonilureas, inhibidores del cotransportador de sodio y glucosa y agonistas del receptor del péptido similar al glucagón 1, el fármaco preferible sería un inhibidor de la dipeptidil peptidasa (con o sin ajuste de dosis). El mayor riesgo de hipoglucemias y la necesidad de tres tomas diarias de repaglinida hace preferible el inhibidor de la dipeptidil peptidasa. Pioglitazona presenta un perfil de seguridad peor, por lo que se considera de segunda línea. Como tercer fármaco es preferible la insulina.

- Edad > 75 años/paciente frágil: la edad avanzada se asocia a un riesgo elevado de hipoglucemia, por lo que se ha optado por un inhibidor de la dipeptidil peptidasa en vez de una sulfonilurea en el segundo escalón. Se debe prestar especial atención a una posible alteración de la función renal.
- Obesidad grado 2 (Índice de masa corporal > 35 kg/m<sup>2</sup>): en el segundo escalón se ha optado por un agonista del receptor del péptido similar al glucagón 1 o un inhibidor del cotransportador de sodio y glucosa porque ambos se asocian a pérdida de peso. Algunos agonistas del receptor del péptido similar al glucagón 1 son más eficaces en cuanto a reducción de HbA<sub>1c</sub>, pero su precio es notablemente mayor. Exenatida diario y lixisenatida tienen una acción principalmente posprandial, y liraglutida y exenatida semanal tienen una acción principalmente basal, por lo que se podría individualizar la elección según el perfil del paciente. En estos pacientes se debe considerar la posibilidad de cirugía bariátrica.

#### I.1.6.2. Tratamiento no farmacológico

- *Educación diabetológica*

La educación para el autocuidado se define como una intervención sistemática que involucra la participación activa del paciente en procesos fisiológicos de automonitoreo y/o la toma de decisiones (gestión) (Chodosh et al., 2005). Ésta, representa un pilar indispensable en el tratamiento de la DM2 (Marrero et al., 2013; Norris, Lau, Smith, Schmid, & Engelgau, 2002), ya que el cumplimiento del plan nutricional, ejercicio físico, control glucémico y la administración medicamentosa, dependen en gran medida de la voluntad del paciente para llevarlo a cabo (Expert committee on the diagnosis and classification of diabetes mellitus, 2003; American Diabetes Association, 2015). Así, considerando como objetivo principal promover los cambios de conductas y actitudes del paciente hacia un mejor proceso de toma de decisiones relacionadas con la reducción o prevención de complicaciones agudas y/o crónicas y el mejoramiento de la CVRS, la educación diabetológica no debe fundamentarse sólo en brindar información, sino que debe abordarse desde un punto de vista holístico, incluyendo elementos integrados de conocimientos, participación de vivencias y discusión de casos, ajustados a las necesidades, capacidades y

requerimientos de cada paciente en particular (Bodenheimer, Lorig, Holman, & Grumbach, 2002; Haas et al., 2014; Medicine, 2001).

- *Nutrición*

El plan nutricional es una parte integral del tratamiento y la autogestión de la DM2, y en muchas ocasiones es probablemente la única intervención necesaria (Aleman et al., 2014). Los objetivos de la terapia nutricional para adultos deben ser promover y apoyar patrones alimenticios saludables, haciendo hincapié en una variedad de alimentos ricos en nutrientes y proporciones adecuadas, con el fin de mejorar la salud en general, y específicamente: lograr un adecuado nivel de glucemia, presión arterial, perfil lipídico, peso corporal y prevenir o retrasar las complicaciones derivadas de la diabetes (American Diabetes Association, 2015). Para su adecuada implementación deben tenerse en cuenta el estilo de vida del paciente y los objetivos del tratamiento en sí, ya que su efectividad depende en gran medida de la aceptación e implementación del propio paciente diabético, quien lo llevará a cabo sin la presencia del médico (Evert et al., 2013; Inzucchi et al., 2012). Además, en las personas con DM2, la educación entre iguales ha demostrado que mejora los conocimientos sobre nutrición y el autocontrol de la diabetes (Perez-Escamilla, Hromi-Fiedler, Vega-Lopez, Bermudez-Millan, & Segura-Perez, 2008).

- *Ejercicio físico*

El ejercicio físico se considera la piedra angular del tratamiento de la DM2 junto con la nutrición y el tratamiento farmacológico (Myers, Atwood, & Froelicher, 2003; Sigal et al., 2013). Aunque la efectividad del ejercicio físico para mejorar el control glucémico, el perfil lipídico y otras medidas en este grupo de población están bien documentadas (Chudyk & Petrella, 2011; Thomas, Elliott, & Naughton, 2006; Yang et al., 2014), existe menos certeza acerca de los efectos concretos de los diferentes tipos de ejercicio. De hecho, los resultados hallados en diferentes meta-análisis (Chudyk & Petrella, 2011; Figueira et al., 2014; Hayashino, Jackson, Fukumori, Nakamura, & Fukuhara, 2012; Schwingshackl, Missbach, Dias, Konig, & Hoffmann, 2014) muestran que el ejercicio aeróbico o de fuerza reducen la HbA<sub>1C</sub>, glucemia plasmática en ayunas, la presión arterial o el perfil lipídico. En cambio, mayores logros

parecen ser alcanzados mediante la combinación de ambos tipos de ejercicio (aeróbico y de fuerza). Sin embargo, el 80% de las personas con DM2 tienen sobrepeso u obesidad (Bloomgarden, 2000), y muchos tienen problemas de movilidad, deterioro visual o enfermedad cardiovascular (Yang et al., 2014) siendo casi imposible alcanzar el volumen e intensidad requerida para obtener adaptaciones con este tipo de ejercicio (Linke, Gallo, & Norman, 2011). Además, la falta de adherencia a los programas de entrenamiento es una preocupación, ya que incluso en contextos de investigación donde las personas tienen instrucciones de seguir sólo un tipo de ejercicio, la tasa de participación ha sido baja (Arikawa, O'Dougherty, & Schmitz, 2011; Linke et al., 2011). Una posible explicación para esta situación son las preferencias personales, limitaciones físicas y las instalaciones disponibles. Así, recientemente se ha propuesto el entrenamiento vibratorio como una alternativa o método complementario a los ejercicios aeróbicos y de fuerza que ha demostrado ser seguro, de bajo impacto y eficaz en personas con un bajo nivel de condición física inicial (Gusi, Parraca, Olivares, Leal, & Adsuar, 2010; Orr, 2015), como la mayoría de las personas con diabetes. Además, el entrenamiento vibratorio conlleva menos tiempo de aplicación que otros tipos de ejercicio tradicionales siendo por tanto una buena alternativa para hacer ejercicios en contextos clínicos, que podría mitigar, al menos en parte, las limitaciones vinculadas a los métodos descritos anteriormente.

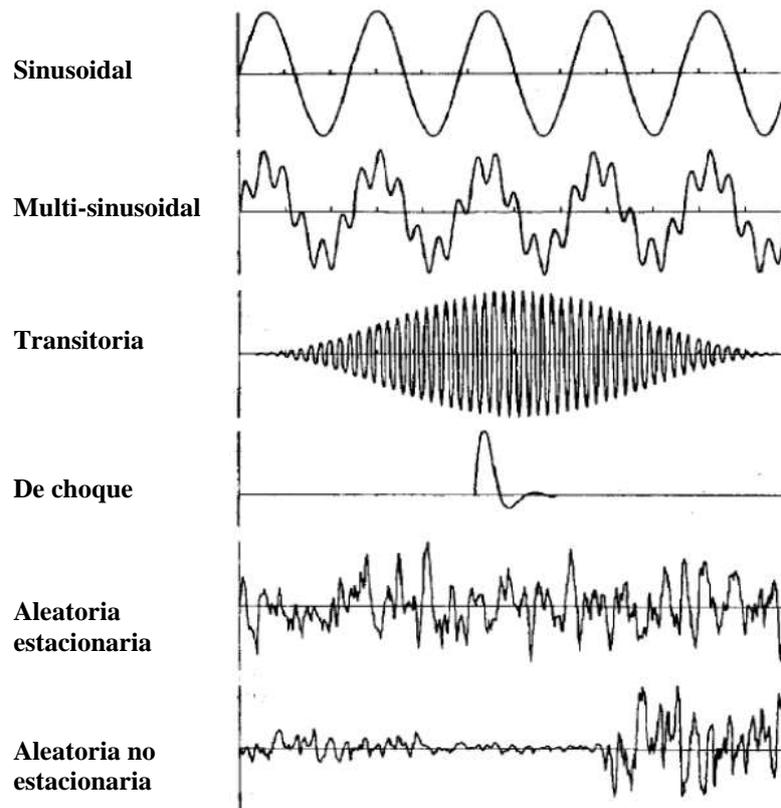
### **I.2. EJERCICIO VIBRATORIO**

La noción de que la vibración puede ser beneficiosa para la salud es relativamente nueva, ya que tradicionalmente se ha considerado como algo perjudicial (Alentorn Geli, 2008). En sus inicios se consideró como un estímulo perjudicial para el organismo, pues lo único que se sabía era su nocivo efecto en personas que, por su trabajo, eran sometidas a este estímulo durante largos periodos de tiempo, y a unas magnitudes más altas de lo que su biología podía soportar (Alentorn Geli, 2008). Fue entonces cuando la Medicina del Trabajo se encargó de estudiar este fenómeno y se elaboraron normativas específicas que regularon la exposición a las WBV en el mundo laboral (Cardinale & Wakeling, 2005). No obstante, el estímulo vibratorio al que eran sometidos estos trabajadores se caracterizaba por una baja o muy alta frecuencia, una alta amplitud y una larga exposición al mismo. En este sentido, las últimas investigaciones se centran en conocer la combinación óptima de las diferentes variables que conforman el fenómeno vibratorio para producir efectos positivos sobre el organismo (Cardinale & Bosco, 2003). Además, cada vez son más los estudios que han propuesto la exposición a breves periodos como una herramienta terapéutica eficaz en personas con edad avanzada o personas con patologías (Alvarez-Barbosa et al., 2014; Cristi et al., 2014; Santin-Medeiros & Garatachea Vallejo, 2010). No obstante, son necesarias más investigaciones en este área para sugerir una metodología de intervención más segura y efectiva en los diferentes tipos de poblaciones (Cardinale & Pope, 2003; Cardinale & Rittweger, 2006; Cardinale & Wakeling, 2005).

#### **I.2.1. Definición de ejercicio vibratorio**

La vibración es una oscilación forzada donde la energía se transfiere de un emisor, la vibración del dispositivo, a un receptor, el cuerpo humano o partes de él (Rittweger, 2010). Hay que tener en cuenta que las vibraciones no son ajenas a nuestra vida diaria. Podemos apreciar fuentes de vibración en medios de transporte (de Oliveira, Simpson, & Nadal, 2001; Troup, 1978), de trabajo (Cederlund, Nordenskiöld, & Lundborg, 2001; Kumar et al., 1999) así como en la actividad física y el deporte (Cederlund et al., 2001), por lo que es necesario conocer los diferentes tipos de vibración a las que podemos estar expuestos (Figura 3). Éstas pueden ser de tipo periódicas (sinusoidales y multi-sinusoidales) y no periódicas (de choque y transitorias) o las que se producen

de forma aleatoria, estacionaria y no estacionaria (Griffin, 1996). La mayoría de las vibraciones transmitidas por las plataformas utilizadas habitualmente son de tipo determinista, provocando una vibración de carácter periódico y sinusoidal (Mester, Spitzenpfeil, y Yue 2003)

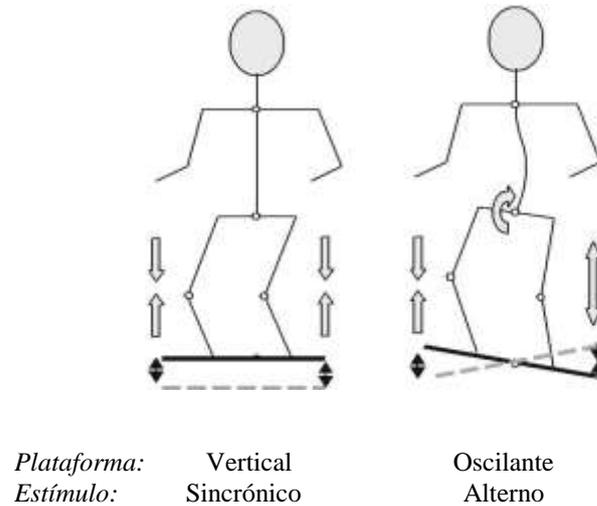


**Figura 3.** Diferentes tipos de ondas de vibración (Griffin, 1996).

### **I.2.2. El emisor: diferentes tipos de dispositivos**

Actualmente, hay dos formas comerciales de plataformas vibratorias fabricadas para la industria de la salud y el fitness. El primer tipo de plataforma, vibra en dirección predominantemente vertical (plataforma vertical), mientras que el segundo tipo, vibra a través de la rotación de un eje horizontal (plataforma horizontal u oscilante) (Abercromby et al., 2007). Estas variaciones en el tipo de plataforma conllevarán también diferencias en la transferencia de energía al cuerpo de la persona. Así las plataformas de tipo vertical reciben la energía en los dos pies a la vez y de forma sincrónica, por lo que tanto la contracción como la relajación de las piernas se producen al mismo tiempo, dirigiendo la aceleración hacia el tronco de forma lineal.

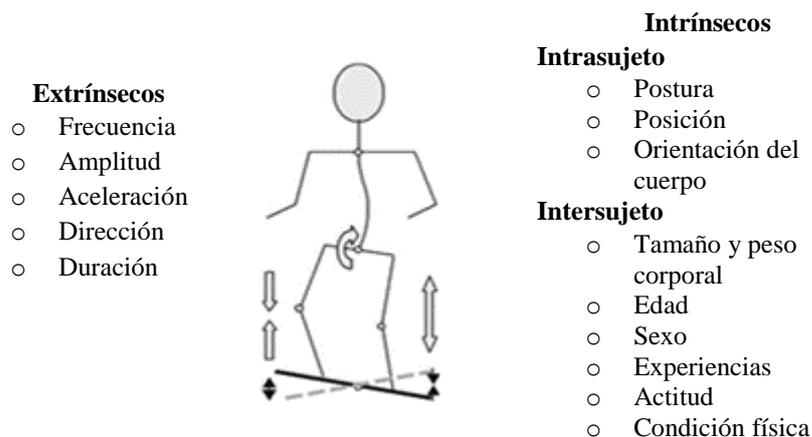
Mientras que, por su parte, las plataformas oscilantes reciben la energía de manera alternada (primero un pie y luego el otro), introduciendo un componente rotacional en la columna lumbar (Rittweger, 2010).



**Figura 4.** Tipos de plataformas vibratorias y tipo de transferencia del estímulo (Abercromby et al., 2007).

### I.2.3. Variables que influyen en las vibraciones

Junto con las diferencias existentes atendiendo al tipo de vibración, son numerosas las variables que influyen en la vibración. Tal y como muestra la figura 5, éstas pueden ser clasificadas en variables extrínsecas, aquellas independientes del cuerpo humano e intrínsecas, aquellas dependientes del cuerpo humano (Cristi Montero, 2011).



**Figura 5.** Tipo de variables que influyen en el ejercicio sobre plataforma de vibraciones (adaptado de Cristi Montero, 2011).

Donde, la frecuencia viene determinada por el número de ciclos de movimiento sinusoidal por segundo, expresada en hercios(Hz); la amplitud se refiere al desplazamiento del movimiento oscilatorio y está expresada en milímetros (mm); la aceleración o magnitud es un parámetro derivado de la frecuencia y la amplitud, expresada en  $m/s^2$  (Cordo, Gurfinkel, Bevan, & Kerr, 1995; Luo, McNamara, & Moran, 2005), por lo que el aumento de la aceleración se basa en el cambio de la frecuencia y amplitud para aumentar la aceleración que se transmite al cuerpo (Cardinale y Wakeling, 2005); la dirección a las que se aplica la vibración corresponde a los ejes antero-posterior (x), lateral (y) y vertical (z) (Griffin, 1996); y la duración se refiere al tiempo de exposición a la vibración, expresada en segundos (s). La postura corporal durante los ejercicios vibratorios es otro factor que influye sobre la transmisión de la vibración a diversos lugares anatómicos. Por razones de seguridad se suele recomendar que la postura adoptada no sea extendida en bipedestación, sino que se realice una ligera flexión de rodillas que limite la transmisión de vibraciones hacia la espalda, lo que podría ocasionar molestias, daño, y sobre todo, para evitar que éstas lleguen a la cabeza (Abercromby et al., 2007; Cardinale & Rittweger, 2006). Por tanto, la posición adoptada sobre la plataforma determina en gran medida la musculatura que soporta la mayor parte de la vibración. El ángulo de flexión de la articulación es una variable que influye en el nivel de activación neuromuscular y en la transmisión del estímulo mecánico a toda la cadena cinética corporal, desde el origen del estímulo (plataforma vibratoria) hasta cada punto del cuerpo (Raimundo, 2006). Algunas investigaciones apuntan a que cuanto más flexionamos las rodillas, menor será el estímulo mecánico (Abercromby et al., 2007; Rubin et al., 2003), pero en contrapartida la actividad muscular aumentará (Abercromby et al., 2007; Rubin et al., 2003).

#### **I.2.4. Efectos del entrenamiento vibratorio en población adulta-mayor**

Las WBV son actualmente una modalidad de ejercicio físico que ha demostrado ser eficaz tanto en población joven (Da Silva, Vaamonde, & Padullés, 2006; de Hoyo et al., 2013), adulta mayor (Merriman & Jackson, 2009; Sitja-Rabert et al., 2015) como en población clínica (Hilgers, Mundermann, Riehle, & Dettmers, 2013; Lau, Teo, Yu,

Chung, & Pang, 2011). Del análisis de estos estudios se pueden extraer diversos beneficios asociados a este tipo de entrenamiento:

- Aumento de la fuerza en un corto espacio de tiempo.
- Mejora de la flexibilidad, movilidad y equilibrio.
- Reducción o eliminación del dolor.
- Entrenamiento del sistema neuromuscular.
- Mejora de la circulación sanguínea en las extremidades del cuerpo.
- Aumento de la densidad mineral ósea.

En los últimos años, son diversos los estudios que han aplicado las WBV en población adulta mayor encontrando una variedad de beneficios que inciden positivamente en su estado de salud (An Bogaerts et al., 2007; Machado, García-López, González-Gallego, & Garatachea, 2010; Rees, Murphy, & Watsford, 2009). En este sentido, varios estudios han examinado los efectos de las WBV sobre la fuerza muscular (Bautmans, Van Hees, Lemper, & Mets, 2005; Machado et al., 2010; Verschueren et al., 2011; von Stengel, Kemmler, Engelke, & Kalender, 2012), especialmente, y tal y como refleja un reciente meta-análisis (Lau, Liao, et al., 2011), sobre varios aspectos de la fuerza muscular del miembro inferior en adultos mayores. Como la fuerza muscular del miembro inferior está altamente relacionada con el equilibrio y la movilidad (Capodaglio, Capodaglio Edda, Facioli, & Saibene, 2007; Mackey & Robinovitch, 2006; Spink et al., 2011), se postula que las WBV también pueden tener potenciales beneficios en el equilibrio y la movilidad. De hecho, Iwamoto, et al. (2004) mostraron una mejora en el control postural de personas adultas sometidas a dos sesiones por semana durante 24 semanas de ejercicio vibratorio, observando además un aumento de movilidad funcional (Howe, Rochester, Neil, Skelton, & Ballinger, 2011; Sayenko, Masani, Alizadeh-Meghrazi, Popovic, & Craven, 2010). A pesar de que los beneficios de las WBV sobre la mejora de la fuerza han sido bien documentados (Chatrchyan et al., 2012; Lau, Liao, et al., 2011; Verschueren et al., 2011; von Stengel et al., 2012), no existe una evidencia clara de que las WBV puedan llegar a suponer un incremento sobre la capacidad cardiorrespiratoria en adultos mayores (Bogaerts et al., 2009; Tapp & Signorile, 2014). Da Silva et al. (2007), sin embargo encontraron que las WBV proporcionan estímulos cardiovasculares similares a los experimentados durante una

caminata a 4 km/h (Da Silva et al., 2007). Teniendo en cuenta que la tensión relativa inducida por las WBV en el sistema cardiorrespiratorio podría ser potencialmente suficiente cuando se repite con cierta frecuencia, pudiendo inducir cambios en la aptitud cardiorrespiratoria a largo plazo, son necesarios más estudios que verifiquen la mejora de la capacidad cardiorrespiratoria en personas adultas mayores a través del uso de plataformas vibratorias. En este sentido, varios estudios indican que el WBV puede ser un entrenamiento eficaz en la mejora general de la capacidad funcional (Cristi Montero, 2011; Lam et al., 2012) pudiendo tener un importante efecto sobre la independencia funcional y la realización de las actividades de la vida diaria en personas mayores (Fleg et al., 2005; Kostka, Rahmani, Berthouze, Lacour, & Bonnefoy, 2000), y por tanto puede llegar a mejorar y aumentar la percepción de CVRS de los sujetos (Alvarez-Barbosa et al., 2014; Olivares, Gusi, Parraca, Adsuar, & Del Pozo-Cruz, 2011; Sanudo et al., 2010).

Por otro lado, son escasos los estudios que sugieren que las WBV solas o en combinación con otros métodos de entrenamiento pueden disminuir la masa grasa y aumentar la masa muscular (A. Bogaerts et al., 2007; Fjeldstad, Palmer, Bembem, & Bembem, 2009; Machado et al., 2010; Milanese, Piscitelli, Simoni, Pugliarello, & Zancanaro, 2012).

El efecto de las WBV en la función arterial está poco estudiado. Lythgo et al (2009) (Lythgo, Eser, de Groot, & Galea, 2009), encontraron que la exposición a una sola sesión de WBV aumentaba el flujo sanguíneo y reducía la rigidez arterial de la pierna (Figuerola et al., 2012). Estudios recientes muestran que repetidas sesiones de WBV (Devereux, Wiles, & Swaine, 2010; Maloney-Hinds, Petrofsky, Zimmerman, & Hessinger, 2009) regulan al alza el sistema dilatador de óxido nítrico y mejoran la función endotelial. Sin embargo, mientras que varios autores (Kerschman-Schindl et al., 2001; Lohman, Petrofsky, Maloney-Hinds, Betts-Schwab, & Thorpe, 2007; Lythgo et al., 2009; Maloney-Hinds et al., 2009) mostraron efectos positivos en la función vascular tras sesiones intermitentes de WBV, otros autores no han permitido contrastar estos beneficios (Button, Anderson, Bradford, Cotter, & Ainslie, 2007; Hazell, Thomas, Deguire, & Lemon, 2008), y hasta la fecha ningún estudio ha explorado los efectos crónicos de las WBV sobre el flujo sanguíneo en sujetos diabéticos.

### ***WBV y Diabetes tipo 2***

La HbA<sub>1C</sub> es considerada la mejor manera de medir el control glucémico a largo plazo en personas con DM2 (Sacks et al., 2011). Además, estudios previos han determinado que reducir la HbA<sub>1C</sub> en personas con DM2 disminuye el riesgo absoluto de desarrollar enfermedad coronaria en un 5-17% y el riesgo de mortalidad en un 6-15% (ten Brinke, Dekker, de Groot, & Ikkersheim, 2008). Se ha demostrado cómo el ejercicio físico, junto con el control nutricional, es uno de los pilares fundamentales en el manejo y tratamiento de la DM2 (Myers et al., 2003; Sigal et al., 2013). De hecho son varios los estudios que muestran la efectividad del ejercicio físico para mejorar el control glucémico, el perfil lipídico y otras medidas de resultado en este grupo de población (Chudyk & Petrella, 2011; Thomas et al., 2006; Yang et al., 2014). Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, la mayoría de las personas con DM2 tienen sobrepeso u obesidad (Bloomgarden, 2000), y muchos tienen problemas de movilidad, deterioro visual o enfermedad cardiovascular (Yang et al., 2014) que les limitan a la hora de alcanzar el volumen e intensidad requerida para el ejercicio aeróbico o de fuerza (Linke et al., 2011). Además, la falta de adherencia a los programas de entrenamiento es un hándicap a la hora de desarrollar un ejercicio físico de manera continuada, existiendo una alta tasa de abandono (Arikawa et al., 2011; Linke et al., 2011). Así, recientemente se ha propuesto el entrenamiento vibratorio como una alternativa a los ejercicios tradicionales que ha demostrado ser seguro, de bajo impacto y eficaz en personas con un bajo nivel de condición física inicial (Gusi et al., 2010; Orr, 2015), como la mayoría de las personas con diabetes. Sin embargo y como también se indicaba, los estudios con este método en pacientes diabéticos encaminados a determinar los efectos que las WBV pueden tener sobre el control glucémico y los factores de riesgo cardiovascular son muy escasos y los resultados hallados contradictorios (Azarbayjani, Behboudi, Aghaalinejad, & Salavati, 2011; Baum et al., 2007; Behboudi et al., 2011). Por ello, más estudios son necesarios para determinar el efecto de las WBV sobre el control glucémico y los factores de riesgo cardiovascular. Igualmente es escasa la literatura científica que analiza los efectos que las WBV tienen sobre la capacidad funcional en esta población (Kordi Yoosefinejad, Shadmehr, Olyaei, Talebian, & Bagheri, 2014; Lee et al., 2013), pese a que se ha observado cómo existe una disminución en su condición física (Alfonso-Rosa, Del Pozo-Cruz, Del

Pozo-Cruz, Del Pozo-Cruz, & Sanudo, 2013). Por otro lado, la evidencia científica acerca del ejercicio vibratorio sobre el flujo sanguíneo ha ido encaminada al estudio del efecto agudo de la vibración sobre la función arterial (Johnson, Feland, Johnson, Mack, & Mitchell, 2014; Maloney-Hinds, Petrofsky, & Zimmerman, 2008), y hasta nuestro conocimiento no se han realizado estudios para analizar el efecto crónico del entrenamiento vibratorio sobre la función arterial en sujetos con DM2.

Una vez revisada la literatura existente, y dado que son escasos y contradictorios los estudios encaminados a determinar los efectos que las WBV pueden tener sobre el control glucémico, los factores de riesgo cardiovascular, el flujo sanguíneo, la capacidad funcional y la calidad de vida relacionada con la salud en personas con DM2, más estudios se hacen necesarios para determinar dicho efecto.



## **OBJETIVOS**



## II.1. OBJETIVOS

### General:

Determinar la aplicabilidad y efectividad de un programa de entrenamiento basado en WBV aplicado en un entorno de atención primaria para la mejora de diferentes variables clínicas, capacidad funcional y de calidad de vida de un grupo de sujetos con DM2.

### Específicos:

- Determinar la fiabilidad relativa y absoluta del uso de diferentes test de condición física relacionada con la salud comúnmente usados en adultos con DM2 (**Estudio 1**).
- Comprobar la eficacia de 12 semanas de entrenamiento vibratorio, sobre el control glucémico, los factores de riesgo cardiovascular y la capacidad funcional de sujetos con DM2 (**Estudio 2**).
- Examinar los efectos de un programa de entrenamiento de 12 semanas de WBV sobre el flujo sanguíneo y la composición corporal en sujetos diabéticos tipo 2 (**Estudio 3**).
- Evaluar la eficacia de un programa de entrenamiento basado en WBV de 12 semanas de duración sobre el equilibrio estático en sujetos diabéticos tipo 2 (**Estudio 4**).
- Evaluar los efectos de un programa de entrenamiento vibratorio de 12 semanas sobre la calidad de vida y satisfacción con el tratamiento en sujetos con DM2 (**Estudio 5**).



**RESUMEN DE LA  
METODOLOGÍA APLICADA**



En el siguiente apartado se expone de forma resumida la metodología utilizada para abordar los diferentes objetivos planteados en el presente estudio. La descripción detallada de los procedimientos experimentales se encuentra en cada uno de los artículos incluidos en el presente documento.

### **III.1. DISEÑO, EMPLAZAMIENTO Y CONSIDERACIONES ÉTICAS**

Para el estudio 1, dadas las características específicas de la metodología a implementar, se estableció un diseño *transversal*. Por otro lado, para los estudios 2, 3, 4 y 5 se estableció un diseño *prospectivo, experimental*, más concretamente se realizó un *ensayo clínico controlado y aleatorizado*.

La presente investigación fue evaluada por el Comité de Ética de la Universidad de Sevilla, que dio su aprobación para su desarrollo (anexo 1). Todos los sujetos fueron informados del propósito de la investigación de forma escrita y oral, y firmaron un formulario de consentimiento informado previamente a su inclusión en el mismo. Para el propósito del estudio se cumplieron las consideraciones éticas para el estudio con humanos recogidas en la Declaración de Helsinki (2008).

### **III.2. PARTICIPANTES**

#### **III.2.1. Captación de sujetos y criterios de inclusión/exclusión**

Los participantes en la investigación fueron reclutados a través del personal sanitario de un centro de atención primaria en Sevilla (España). Los criterios de inclusión fueron los siguientes:

- Estar diagnosticado de DM2 según los criterios establecidos por la Asociación Americana de Diabetes (2013).
- Realizar un nivel de ejercicio físico menor al aconsejado por la Asociación Americana de Diabetes (esto es: 150 min/semana de actividad física moderada) (2014).

Los criterios de exclusión fueron los siguientes:

- Antecedentes o evidencias de enfermedad cardiovascular, renal, hepática, retinopatía diabética o neuropatía. Por otro lado, aquellos participantes con uso de insulina, limitaciones ortopédicas o de otro tipo que puedan interferir en la capacidad de realizar ejercicio físico de forma segura, fueron igualmente excluidos.
- Tener un nivel de HbA<sub>1C</sub> >10% o un nivel de glucemia en ayunas >250 mg/dL.

### III.2.2. Características de la muestra

#### III.2.2.1. Estudio 1

Veinticinco voluntarios recibieron información detallada sobre los objetivos y procedimientos del estudio y fueron incluidos en el mismo. Un total de siete participantes no cumplía con los criterios de inclusión y exclusión establecidos para el estudio y no fueron incluidos en el mismo. Finalmente, 18 sujetos (edad:  $73 \pm 8$  años) fueron incluidos en el estudio.

##### o *Tamaño de la muestra y potencia del estudio*

El tamaño de la muestra se calculó antes del inicio del estudio siguiendo las indicaciones de Walter et al. (1998) para alcanzar una potencia estadística de 0,90 para el test de Coeficiente de Correlación Intraclase (CCI) de acuerdo con los siguientes estándares: error  $\alpha=0,05$ , bajo la hipótesis nula de que el CCI era moderado en función de los criterios introducidos (0,50), y la hipótesis alternativa de un CCI excelente (0,9) (Munro, 2005). Dentro de estos criterios, el tamaño de muestra requerido fue de al menos once participantes para cada prueba. No obstante, se reclutó un mayor número de participantes debido a la posibilidad de que alguno de los sujetos no pudiese asistir a la segunda sesión de evaluación.

#### III.2.2.2. Estudios 2, 3, 4 y 5

La figura 6 muestra el flujo de participantes de los estudios 2, 3, 4 y 5. Para reclutar la muestra, 57 voluntarios completaron la historia clínica y se les realizó un examen médico para determinar la elegibilidad. Teniendo en cuenta los criterios de

inclusión/exclusión descritos con anterioridad, un total de siete personas fueron excluidas [enfermedad cardiovascular (n=2), enfermedad músculo-esquelética (n=5)]. Finalmente, fueron incluidos en el estudio un total de 50 sujetos.

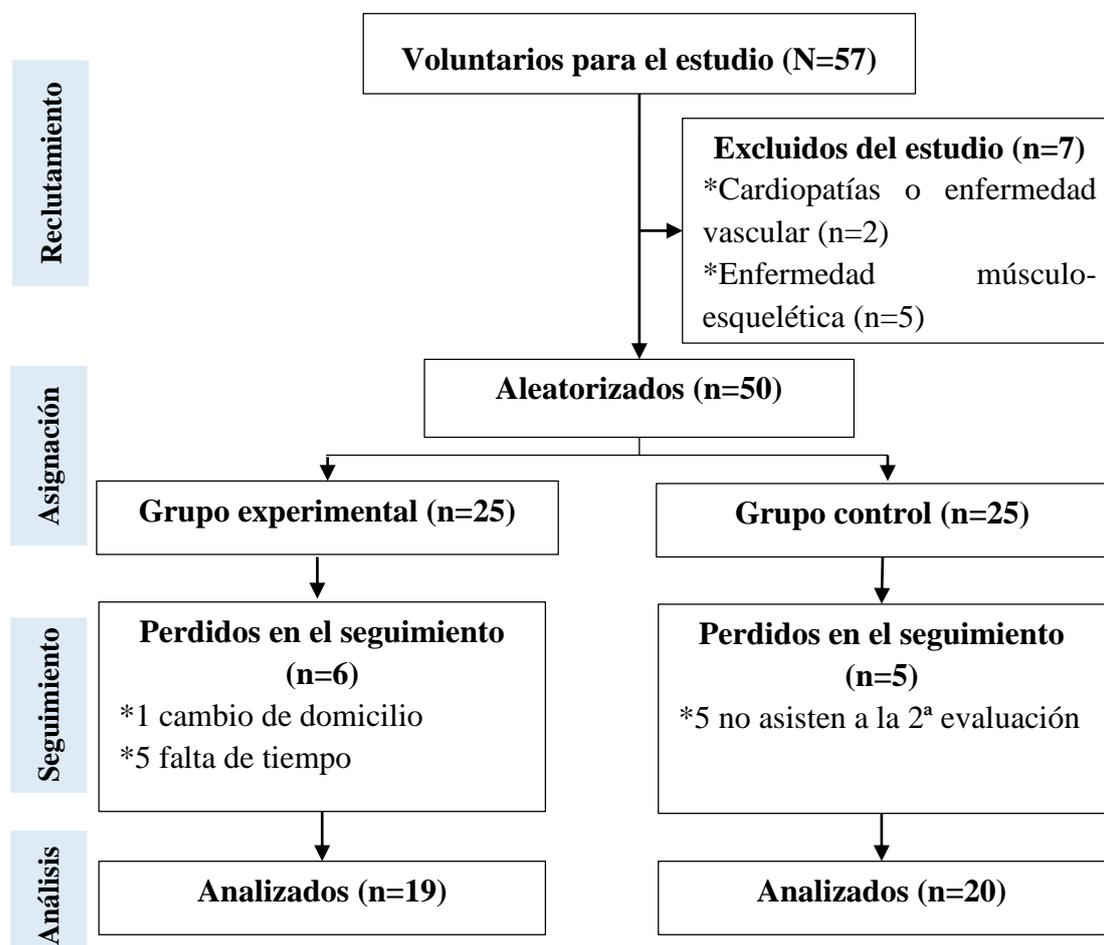


Figura 6. Flujo de participantes en los estudios 2, 3, 4 y 5.

### III.3. VARIABLES DE ESTUDIO

Con el fin de facilitar la comprensión acerca de las variables utilizadas en los diversos estudios (Tabla 6), y antes de describir con detalle cada una de ellas en su respectivo estudio, se presentan agrupadas atendiendo al aspecto que evalúan, el instrumento/prueba que se utiliza y en qué estudios han sido aplicadas.

Tabla 6. Variables de estudio e instrumentos/pruebas de valoración				
	VARIABLES	INSTRUMENTO/PRUEBA	ESTUDIO	
Socio-demográficas	<i>Edad, género, ingresos, nivel educativo, estado civil</i>	Cuestionario socio-demográfico	1, 2, 3, 4 y 5	
	<i>Hipoglucemiantes orales, años de diagnóstico clínico de DM2</i>		1, 2, 3, 4	
Clínicas y de salud	<i>Glucemia plasmática en ayunas, HbA<sub>1c</sub></i>	Analítica	1, 2	
	<i>Colesterol total, triglicéridos, HDL, LDL, LDL/HDL e índice aterogénico</i>		2	
	<i>PAS, PAD y FC</i>		Tensiómetro Omron M6 HEM-7001-E	1, 2, 3, 4
	<i>Composición corporal</i>		Báscula SECA 700 con estadímetro	1, 2, 3, 4
			Cinta métrica Omron BF-306 Bodystat® 1500	
Capacidad funcional	<i>Fuerza máxima isométrica de prensión manual</i>	Hand grip strength test (Dinamómetro digital T.K.K. 5401 Grip-D)	1	
	<i>Equilibrio dinámico y agilidad</i>	Test de levantarse, caminar y sentarse	1, 2, 4	
	<i>Flexibilidad extremidades inferiores</i>	Test flexibilidad en silla	1	
	<i>Fuerza tren inferior</i>	Test de levantarse y sentarse (30s)	1, 2	
	<i>Capacidad aeróbica</i>	Caminar 6 minutos	1, 2	
Estabilidad postural	<i>Recorrido del COP</i>	Wii balance board	4	
Flujo sanguíneo	<i>Diámetro, flujo de sangre, V<sub>med</sub>, PMV, VS<sub>máx</sub>, VD<sub>máx</sub>, Tacel, IP, IR</i>	Ecógrafo Doppler	3	
Cuestionarios	<i>Calidad de vida relacionada con la salud</i>	EsDQOL	5	
	<i>Nivel de satisfacción con el tratamiento</i>	DTSQ-s-		
	<i>Cuestionario internacional de actividad física</i>	IPAQ	1, 2, 3, 4 y 5	

DM2: Diabetes mellitus tipo 2; HbA<sub>1c</sub>: Hemoglobina glicosilada; HDL: lipoproteína de alta densidad; LDL: lipoproteína de baja densidad; LDL/HDL: ratio LDL/HDL; PAS: Presión arterial sistólica; PAD: Presión arterial diastólica; FC: Frecuencia cardiaca; IMC: Índice de masa corporal; ICC: Índice cadera cintura; COP: Centro de presiones; V<sub>med</sub>: Velocidad media; PMV: Pico máximo de velocidad; VS<sub>máx</sub>: Velocidad sistólica máxima; VD<sub>máx</sub>: Velocidad diastólica máxima; Tacel: Tiempo de aceleración en llegar al pico de flujo; IP: Índice de pulsatilidad; IR: Índice de resistencia; EsDQOL: Quality-of-life questionnaire designed for diabetes mellitus; DTSQ-s: Diabetes treatment satisfaction questionnaire; IPAQ: International physical activity Questionnaire

Se detallan a continuación las variables socio-demográficas, clínicas y de salud, capacidad funcional, flujo sanguíneo, así como los cuestionarios empleados en los diferentes estudios.

### **III.3.1. Variables sociodemográficas**

Con la intención de caracterizar a la muestra, se les pidió a los sujetos que reportaran información relativa a las siguientes variables:

- *Edad cronológica* de los participantes en el estudio.
- *Género*: determinación del sexo del participante (mujer/ hombre).
- *Nivel educativo*: indica el grado académico o formativo del individuo, estableciendo si posee estudios, o no, y en caso afirmativo, si estos son estudios primarios, secundarios (incluidos módulos de formación profesional) o estudios de grado universitario o similar.
- *Ingresos*: hace referencia al salario (normalmente pensión de jubilación) que recibe el sujeto mensualmente, especificando si es una cantidad inferior a 1200€, entre 1201 y 1800€, o superior a 1800€.
- *Estado civil*: se establecen tres posibles categorías: soltero/a, casado/a o separado/a-divorciado/a-viudo/a.

### **III.3.2. Variables clínicas y de salud**

Se recabó información de los sujetos acerca de las variables clínicas y de salud que se describen a continuación:

- *Hipoglucemiantes orales*: hacen referencia al tratamiento farmacológico que recibe el sujeto para tratar la DM2. Así, para la determinación de este parámetro se le pregunta al sujeto, como ítem del cuestionario sociodemográfico, por el número de fármacos hipoglucemiantes orales que toma al día.
- *Glucemia plasmática en ayunas*: indica la cantidad de glucosa en una muestra de sangre.

- *HbA<sub>1C</sub>*: heteroproteína formada por la unión de moléculas de hemoglobina y glucosa. El nivel de HbA<sub>1C</sub> se determina mediante un análisis de sangre, y su valor (expresado en un porcentaje) aporta información sobre los niveles medios de glucosa entre las últimas ocho y doce semanas.
- *Colesterol total*: nivel de colesterol total en miligramos por decilitro (mg/dL) evaluados mediante estudio bioquímico completo de los sujetos.
- *Triglicéridos*: indica los niveles de triglicéridos obtenidos mediante estudio bioquímico completo de los sujetos, expresado en mg/dL.
- *Lipoproteínas de alta densidad (HDL)*: hace referencia a los niveles de lipoproteínas de alta densidad en mg/dL, obtenidos mediante estudio bioquímico completo de los sujetos.
- *Lipoproteínas de baja densidad (LDL)*: indica los niveles de lipoproteínas de baja densidad obtenidos mediante estudio bioquímico completo de los sujetos, expresado en mg/dL.
- *LDL/HDL*: hace referencia a la ratio LDL/HDL.
- *Índice aterogénico o índice de Castelli*: indica el riesgo de enfermedad cardiovascular al que están sometidos los sujetos en función de sus niveles de colesterol. Se obtiene dividiendo los niveles de colesterol total y HDL.
- *Presión arterial sistólica (PAS)*: máxima presión registrada en el sistema circulatorio mediante el tensiómetro Omron M6 HEM-7001-E, expresada en mmHg.
- *Presión arterial diastólica (PAD)*: hace referencia a la presión mínima registrada en el sistema circulatorio mediante el tensiómetro Omron M6 HEM-7001-E, expresada en milímetros de mercurio (mmHg).
- *Frecuencia cardíaca (FC)*: determina el número de pulsaciones del corazón por minuto.

- *Años desde el diagnóstico clínico de la DM2*: hace referencia al número de años que han pasado desde que los sujetos fueron diagnosticados de DM2.
- *Talla*: longitud de la planta de los pies a la parte superior del cráneo expresada en centímetros (cm).
- *Peso*: es el volumen del cuerpo expresado en kilogramos (kg).
- *Perímetro cintura*: hace referencia al contorno natural tomado entre la parte superior de las crestas ilíacas y la costilla inferior, expresado en cm.
- *Perímetro cadera*: indica el perímetro (en cm) de las caderas a nivel de los trocánteres.
- *Índice de masa corporal (IMC)*: índice de salud, hace referencia a la relación entre el peso y la altura de los sujetos ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ).
- *Porcentaje de grasa corporal*: porcentaje de masa grasa del organismo de manera aislada.
- *Índice cadera cintura (ICC)*: es un indicador de la distribución de la grasa corporal, obtenido del cociente entre la circunferencia de la cintura y la circunferencia de la cadera expresado en cm.

### **III.3.3. Variables capacidad funcional**

La capacidad funcional, definida desde el punto de vista de la condición física relacionada con la salud, se refiere a la capacidad física que los sujetos poseen para desarrollar las actividades de la vida diaria de forma segura e independiente y sin excesiva fatiga (Rikli & Jones, 1999a). Más concretamente, en este estudio se evaluaron las capacidades de fuerza en el tren inferior, prensión manual, flexibilidad o amplitud de movimiento del tren inferior, agilidad y equilibrio, así como la capacidad aeróbica. Estos parámetros ya han sido utilizados previamente en población mayor para evaluar la capacidad funcional (Olivares, Gusi, Prieto, & Hernandez-Mocholi, 2011; Pedrero-Chamizo et al., 2012).

La variable utilizada para la valoración de la estabilidad postural (equilibrio estático) fue el *recorrido del centro de presiones (COP)*, el cual indica la distancia recorrida por el COP en el eje antero-posterior, medio-lateral y el área total, expresada en cm.

### III.3.4. Variables relacionadas con el flujo sanguíneo

- **Diámetro:** hace referencia al diámetro del vaso evaluado, expresado en cm.
- **Flujo sanguíneo:** cantidad de sangre que atraviesa la sección de un punto dado de la circulación en un periodo determinado, expresado en mililitros por minuto (ml/min).
- **Velocidad media ( $V_{med}$ ):** hace referencia a la velocidad media registrada, expresada en centímetros por segundo (cm/s).
- **Pico máximo de velocidad (PMV):** velocidades sanguíneas pico registradas en la arteria femoral, expresadas en milisegundos.
- **Velocidad sistólica máxima ( $VS_{máx}$ ):** velocidad sistólica máxima registrada, expresada en cm/s.
- **Velocidad diastólica máxima ( $VD_{máx}$ ):** hace referencia a la velocidad máxima diastólica registrada, expresada en cm/s.
- **Tiempo de aceleración en llegar al pico de flujo (T<sub>acel</sub>):** tiempo hasta alcanzar el flujo máximo expresado en milisegundos.
- **Índice de pulsatilidad (IP):** el índice de pulsatilidad o índice de Gosling es uno de los parámetros más utilizados en el análisis de las ondas del flujo vascular, evaluando la relación entre el funcionamiento cardíaco y la resistencia periférica.

$$IP = \frac{\text{velocidad sistólica máxima} - \text{velocidad diastólica mínima}}{\text{velocidad media durante el ciclo completo}}$$

- **Índice de resistencia (IR):** índice desarrollado por Léandre Pourcelot que refleja la resistencia al flujo arterial originado por el lecho microvascular distal al sitio de la medición. El valor máximo que puede alcanzarse es igual a uno.

$$IR = \frac{\text{velocidad sistólica máxima} - \text{velocidad diastólica final}}{\text{velocidad sistólica máxima}}$$

### III.3.5. Cuestionarios

- *Calidad de vida relacionada con la salud*: hace referencia a la calidad de vida relacionada con la salud específica para sujetos con diabetes mellitus, evaluada mediante el cuestionario EsDQOL (Millan, 2002).
- *Nivel de satisfacción con el tratamiento*: indica el nivel de satisfacción con el tratamiento de la DM2 evaluado a través del cuestionario Diabetes Treatment Satisfaction Questionnaire -DTSQ-s- (Gomis, Herrera-Pombo, Calderón, Rubio-Terrés, & Sarasa, 2006).
- *Nivel de actividad física*: hace referencia al nivel y cantidad de actividad física que desarrolla el sujeto, evaluado a través del Cuestionario Internacional de Actividad Física (“International Physical Activity Questionnaire” -IPAQ) (Martinez-Gonzalez, Lopez-Fontana, Varo, Sanchez-Villegas, & Martinez, 2005).

### III.4. PROCEDIMIENTOS E INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

Para la obtención de los datos reportados en la presente tesis, en primer lugar se presentó el proyecto al centro de atención primaria donde posteriormente se desarrolló. Tras la concesión de los pertinentes permisos, se pasó a informar del objetivo del proyecto al personal sanitario, ya que ellos fueron los encargados de reclutar y derivar a los participantes tras la administración del cuestionario de preparación para la actividad física- PAR-Q (Shephard, 1988). El estudio se llevó a cabo en la sala maternal (la cual era termo regulable) cedida por el centro de salud para la realización de las evaluaciones y posterior entrenamiento durante la duración del estudio.



**Ilustración 1.** Sala maternal del centro de salud

En el *estudio 1*, los participantes fueron citados en la sala maternal del centro de salud durante un total de dos días, con un intervalo de tiempo de una semana entre jornadas

de evaluación. En ambos días, los sujetos fueron citados en las mismas franjas horarias, días de la semana, con las mismas características climáticas y las pruebas se llevaron a cabo en el mismo lugar.

Tras la firma del consentimiento informado, los participantes realizaron las pruebas en el orden que se detalla a continuación: administración de los cuestionarios (sociodemográfico e IPAQ), registro de variables clínicas y de salud (presión arterial y composición corporal) y administración de la batería de pruebas para la valoración de la capacidad funcional [fuerza isométrica de prensión manual, test de flexibilidad en silla, test de levantarse, caminar y sentarse, test de caminar 6 minutos y test de levantarse y sentarse en (30s)]. Entre prueba y prueba los participantes descansaban cinco minutos, con el objetivo de permitir la recuperación completa del individuo (Gusi et al., 2012).

Para la recopilación de los datos en los *estudios 2, 3, 4 y 5*, los participantes fueron asignados de manera aleatoria en dos grupos (control y experimental), y tras la firma del consentimiento informado fueron evaluados tanto al comienzo como al final de la intervención. Los sujetos fueron citados en tres días alternos. El primer día, se procedió a la extracción de sangre por parte del profesional correspondiente (se pidió a los sujetos que acudieran a dicha extracción en ayunas). El segundo día de evaluación se procedió a la administración de los diferentes cuestionarios, registro de las variables clínicas y de salud; así como a la administración de las pruebas para la valoración de la estabilidad postural y capacidad funcional, en el siguiente orden: pruebas de equilibrio estático, test de levantarse, caminar y sentarse, test de caminar 6 minutos y test de levantarse y sentarse (30s). Siguiendo a Gusi et al. (2012), entre prueba y prueba se dio un descanso de cinco minutos para favorecer la completa recuperación.

Por último, el tercer día se procedió a la evaluación del flujo sanguíneo por parte del profesional correspondiente (se pidió a los sujetos que viniesen en ayunas, se abstuvieron de tomar alcohol y cafeína durante 12 horas, y no realizaran ejercicio durante 24 horas antes de la evaluación).

### III.4.1. Administración de los cuestionarios

Para la realización de los cuestionarios, los sujetos fueron citados en la sala maternal del centro de salud comprendiendo un periodo para su realización que osciló entre 30-35 minutos. En esta ocasión, debido a la complejidad que la realización de los cuestionarios podía presentar en este grupo de población, se decidió que éstos fueran aplicados mediante una entrevista individual.

En este sentido, para garantizar la fiabilidad durante la realización de los cuestionarios y, por tanto, evitar la contaminación de los sujetos en base a ideas preconcebidas del entrevistador, éste fue entrenado previamente antes de la puesta en práctica de las entrevistas, leyendo exacta y repetidamente todas las preguntas. Se estableció el mismo tipo de explicación para todos los participantes, en referencia a aquellas preguntas en donde los participantes pudieran encontrar alguna dificultad respecto a su comprensión.

#### - *Cuestionario socio-demográfico*

Este cuestionario fue diseñado al efecto para la investigación donde se registran variables que hacen referencia a aspectos personales de los sujetos, tales como la edad, género, ingresos, nivel educativo y estado civil.

#### - *Cuestionario internacional de actividad física*

Para registrar el nivel de actividad física que realizaban los sujetos se utilizó el IPAQ en su versión española (Martinez-Gonzalez et al., 2005). Este cuestionario, consta de siete ítems que nos proporcionan información sobre el tipo de actividades en función de su intensidad (baja, moderada y vigorosa) y la frecuencia con que éstas fueron realizadas durante la última semana, así como la duración o tiempo por día, destinado a la realización de las mismas.

#### - *Cuestionario de calidad de vida específico para la diabetes mellitus*

La calidad de vida relacionada con la salud se valoró a través del cuestionario EsDQOL, cuestionario que consta de 46 preguntas distribuidas en cuatro dimensiones: <<Satisfacción>> (15 preguntas), <<Impacto>> (20 preguntas), <<Preocupación

social/vocacional>> (7 preguntas) y <<Preocupación relativa a la diabetes>> (4 preguntas). Las respuestas se cuantificaron utilizando una escala Likert de cinco respuestas ordinales (Millan, 2002). La puntuación total de cada sujeto se calculó mediante la suma de las puntuaciones dadas a cada pregunta del cuestionario.

- *Nivel de satisfacción con el tratamiento*

El nivel de satisfacción con el tratamiento de la DM2 se registró a través del DTSQ-s, en su versión española (Gomis et al., 2006). Este cuestionario está conformado por ocho ítems permitiendo siete posibles respuestas en cada uno. La puntuación de satisfacción es la suma de seis apartados del cuestionario, oscilando los posibles valores para dichas respuestas entre 0 (muy insatisfecho) y 6 (extremadamente satisfecho). Sumando estos seis ítems se obtiene una puntuación global de satisfacción que oscila entre 0 (menor satisfacción posible) y 36 (mayor satisfacción posible expresada). Los dos apartados restantes miden la frecuencia percibida de hiperglucemia e hipoglucemia y se valoran por separado. Dichos apartados no han sido analizados en nuestro estudio.

### III.4.2. Registro de medidas clínicas y de salud

- *Presión arterial sistólica/diastólica y frecuencia cardiaca*

Para la evaluación de la presión arterial sistólica/diastólica y frecuencia cardiaca, se utilizó un monitor de presión arterial automático con una precisión de presión de  $\pm 3$  mmHg y pulso de  $\pm 5$  latidos por minuto. Su principio de funcionamiento es la oscilometría y, para proporcionar un control cómodo de la presión de inflado, el dispositivo utiliza la tecnología avanzada del Sistema IntelliSense. Está clínicamente



**Ilustración 2.** Monitor de presión arterial

validado según el protocolo internacional de la Sociedad Europea de Hipertensión (O'Brien et al., 2002). Para el registro de la presión arterial, se pidió a los sujetos que desde posición sentada (silla de altura regulable) extendieran su brazo dominante en posición decúbulo supino sobre una superficie firme (mesa), encontrándose el brazo al mismo nivel que el corazón y sin ropa que lo comprimiese, y se les pidió que no hablaran, ni realizarán

gesto alguno durante la evaluación. Las lecturas de presión arterial se expresaron en mmHg.

- *Composición corporal*

Para medir la *estatura* y *el peso* de los sujetos se utilizó la báscula SECA 700 caracterizada por su mecánica a doble romana (con pesas deslizantes a la altura de los ojos) y con estadiómetro. Su capacidad es de 220 kg (con una precisión de  $\pm 50$  gr). Además, la plataforma es baja, ancha y su cubierta antideslizante permite a los sujetos pesarse con seguridad. El



**Ilustración 3.**  
Báscula SECA700

estadiómetro también permite la lectura del resultado de la talla a nivel de los ojos, con un alcance de medición entre 60 y 200 cm (precisión de  $\pm 1$  mm). Respecto al protocolo de actuación, se les pedía a los sujetos que se descalzaran, vistieran la menor ropa posible y se mantuvieran en posición erguida sobre la base de la báscula (mirando al frente), mientras el evaluador realizaba las medidas correspondientes.

El *perímetro de cintura* y *cadera* fueron medidos siguiendo el protocolo de la Sociedad Internacional para el Avance en Kinantropometría (ISAK, por sus siglas en inglés)



**Ilustración 4.**  
Medición del perímetro  
de la cintura

(Stewart, 2011). Para la evaluación del perímetro de cintura-cadera, el sujeto partió de una posición bípeda. La medición del perímetro de la cintura se llevó a cabo en la zona abdominal, en un punto intermedio entre el último arco costal y la cresta ilíaca (en la posición más estrecha del abdomen), mediante la utilización de la técnica de la cinta yuxtapuesta, sostenida a nivel horizontal. Respecto al registro del perímetro de la cadera el sujeto debía permanecer completamente parado, con los pies juntos y la masa glútea relajada; así bajo la misma técnica que en el anterior caso, se

midió en el lugar más ancho por encima de los glúteos a nivel de la sínfisis pubiana. Con ambas medidas se pudo calcular el ICC, que resulta de dividir el perímetro de la cintura entre el de la cadera.

Para determinar las variables relacionadas con la *composición corporal* [IMC ( $\text{Kg}/\text{m}^2$ ), ICC, masa grasa (%), masa grasa (kg), masa libre de grasa (%), masa libre de grasa (kg)] se utilizó el analizador de bio-impedancia eléctrica, Bodystat<sup>®</sup> 1500 (Bodystat Ltd, Douglas, Isle of Man, UK), con cuatro electrodos y monofrecuencia. Su acción consiste en pasar una señal segura a través del cuerpo y realizar una medición de la impedancia a una frecuencia de 500  $\mu\text{A}$  y 50 kHz.



**Ilustración 5.** Medición de la composición corporal con Bodystat<sup>®</sup> 1500

La resistencia y reactancia se midieron entre el dorso de la muñeca y tobillo derecho, y se estimó la grasa corporal total, la masa libre de grasa, y sus porcentajes a partir de las ecuaciones del fabricante. La validez y fiabilidad de este instrumento ha sido reportada por Meeuwsen et al. (2010).

### III.4.3. Realización de las pruebas de estabilidad postural

Para evaluar la estabilidad postural se utilizó la Wii Balance Board (WBB). Dicho dispositivo ha sido previamente validado y testado en población adulta mayor (Reed-Jones, Dorgo, Hitchings, & Bader, 2012; Young, Ferguson, Brault, & Craig, 2011). Para el registro de las pruebas, se utilizó un sistema WBB (frecuencia de muestreo de 100 Hz) que se conectó de forma inalámbrica con un adaptador de bluetooth a un ordenador portátil, y los datos brutos fueron almacenados y procesados mediante el programa Labview 8.5. Los datos se filtraron usando un filtro de paso bajo con frecuencia de corte a ocho hercios.

Para la realización de las diferentes pruebas de estabilidad postural, se les pidió a los participantes que permaneciesen inmóviles en la WBB durante 30s. Cada prueba (ojos abiertos, ojos cerrados) se repitió tres veces con cada participante, con 45s de descanso entre los ensayos. Este protocolo se repitió con los pies a la anchura de los hombros y con los pies juntos



**Ilustración 6.** Prueba de valoración de estabilidad postural

(Ruhe, Fejer, & Walker, 2010). Todas las pruebas se realizaron sin zapatos. Durante cada ensayo, los participantes fueron instruidos para mantener sus manos colocadas sobre sus caderas y permanecer estáticos durante la duración de la ejecución de los

mismos. Los datos elegidos fueron el recorrido del COP en el eje anteroposterior (eje y) y mediolateral (eje x) en centímetros.

#### III.4.4. Realización de las pruebas de capacidad funcional

##### - *Fuerza de prensión manual*

El test de fuerza máxima isométrica de prensión manual, también denominado hand grip strength test, se utilizó para evaluar la fuerza máxima isométrica de prensión manual (Rodríguez et al., 1998). Dicha prueba fue valorada mediante un dinamómetro digital (T.K.K. 5401 Grip-D, Takei, Tokio, Japón) cuyo rango de medida va de 0,1-100 kg de fuerza con una precisión de  $\pm 0,1$  kg. Previamente a la realización del test, se calculó el agarre óptimo para cada participante siguiendo las instrucciones de Ruiz-Ruiz et al. (2002). Durante el desarrollo de la prueba, los participantes debían permanecer en posición bípeda, agarrando el dinamómetro con el brazo relajado, al lado del cuerpo, sin tocarlo, y con el codo extendido. Cada participante realizó dos intentos con cada mano dejando un período de descanso de un minuto entre medidas. Se registró el mejor resultado de fuerza ( $\text{kg/m}\cdot\text{s}^2$ ) de los dos intentos realizados con cada mano y se calculó la puntuación bimanual sumando ambos resultados y dividiendo por dos.



**Ilustración 7.** Test de fuerza máxima isométrica de prensión manual

##### - *Flexibilidad extremidades inferiores*

La flexibilidad de las extremidades inferiores se evaluó a través del test de flexibilidad en silla o chair sit and reach test (Rikli & Jones, 2001). Para el desarrollo de esta prueba, el sujeto debía sentarse en el borde anterior de la silla, manteniendo la pierna no evaluada en flexión y la pierna evaluada extendida y con la articulación del tobillo flexionada a  $90^\circ$ . A partir de esta posición, con los brazos extendidos, las manos juntas y los dedos medios de cada mano igualados, el participante debía realizar una flexión de cadera de manera progresiva, intentando alcanzar los dedos de los pies.



**Ilustración 8.** Test de flexibilidad en silla

La distancia se midió entre la punta del dedo corazón y los dedos de los pies con una regla, donde si las yemas de los dedos tocan los dedos de los pies el resultado es cero. El valor es negativo si la yema de los dedos no alcanza los dedos de los pies y positivo si la yema de los dedos sobrepasa los dedos de los pies. Cada sujeto realizó, de manera alternativa, dos intentos con cada pierna (con un minuto de descanso entre medidas) registrándose la mejor puntuación para cada pierna.

- *Agilidad y equilibrio dinámico*

El test de levantarse, caminar y sentarse, denominado en inglés time up and go test



**Ilustración 9.** Test de levantarse, caminar y sentarse

(Rikli & Jones, 2001) se utilizó para valorar la agilidad y el equilibrio dinámico de los sujetos. En dicha prueba, los participantes comenzaban sentados en una silla con la espalda totalmente recta, los pies apoyados en el suelo y los brazos situados sobre sus muslos. Desde esta posición, a la señal establecida, debían levantarse y caminar lo más rápido posible (sin llegar a correr) hasta rodear

un cono situado a 2,44 m, y volverse a sentar, en el menor tiempo posible. Cada sujeto realizó dos intentos (con un periodo de descanso de un minuto entre medidas) registrando el mejor tiempo.

- *Capacidad aeróbica*

El test de caminar durante 6 minutos o 6-minute walking test (Rikli & Jones, 2001), se utilizó para estimar la capacidad aeróbica de los sujetos. Antes del comienzo del test, cada participante fue animado a realizarlo lo más rápido posible, pero siempre dentro de un nivel confortable y de seguridad, midiendo la cantidad de metros recorridos en el circuito



**Ilustración 10.** Test de caminar 6 minutos

rectangular de 44 metros. Los participantes no podían hablar durante el desarrollo de la prueba y fueron informados a cada minuto que pasaba. Se realizó un único intento por participante registrándose el número total de metros recorridos.

- *Fuerza del tren inferior*

El test de sentarse y levantarse (30s) o 30-second chair stand test (Rikli & Jones, 2001), se utilizó para evaluar la fuerza general del miembro inferior. Los sujetos comenzaban sentados en una silla con la espalda totalmente recta, los pies apoyados en el suelo y los brazos cruzados a la altura del pecho. Desde esta posición, a la señal establecida, debían levantarse completamente, extendiendo totalmente las rodillas y volver a la posición inicial el mayor número de veces en 30s. Cada sujeto realizó un único intento.



**Ilustración 11.** Test de levantarse y sentarse (30s)

### III.4.5. Analítica

La HbA<sub>1C</sub>, la glucemia plasmática en ayunas y los factores de riesgo cardiovascular relacionados con los lípidos fueron evaluados como parte de la atención regular al sujeto con DM2, y realizados por un centro de diagnóstico en Sevilla, España.

### III.4.6. Registro ecógrafo doppler

El flujo sanguíneo fue evaluado en un ambiente tranquilo y con temperatura constante (22° C). Las mediciones se realizaron en ayunas (ocho horas), se abstuvieron de alcohol y cafeína durante 12 horas, y no realizaron ejercicio durante 24 h antes de la evaluación. Las mediciones (pre y post) se llevaron a cabo a la misma hora del día para todos los sujetos.

Antes de la prueba, los sujetos se ubicaron en posición decúbito prono durante un período de cinco minutos. Trascorrido este tiempo, se realizaron las mediciones (siempre por el mismo radiólogo) mediante un transductor lineal de 5-10 MHz (Philips En visor; Philips Medical, Andover, MA, USA) aplicado sobre la arteria femoral común de la pierna derecha (aproximadamente a dos centímetros de la bifurcación). El ángulo de exploración fue  $\leq 60^\circ$ .

### III.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el procesamiento y análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 17.0 para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) estableciendo un nivel de significación en  $p \leq 0,05$  para todos los análisis estadísticos realizados. Se comprobó la normalidad de las medidas mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Los datos fueron presentados como media (DE) o mediana (RIQ) para las variables continuas y en porcentajes (%) para las variables categóricas. Las diferentes pruebas estadísticas se aplicaron de acuerdo al tipo de distribución de las variables (paramétrica o no paramétrica) o al tipo de variable (categórica o continua). La siguiente tabla (Tabla 7) muestra las pruebas estadísticas realizadas en cada uno de los estudios:

Tabla 7. Pruebas estadísticas realizadas en cada estudio	
ESTUDIOS	PRUEBAS ESTADÍSTICAS
<b>Estudio 1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prueba T para muestras relacionadas</li> <li>- Fiabilidad relativa: CCI<sup>1</sup></li> <li>- Fiabilidad absoluta: EEM<sup>2</sup>, MCD<sub>95</sub><sup>3</sup></li> </ul>
<b>Estudio 2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prueba T para muestras independientes o chi-cuadrado</li> <li>- ANOVA medidas repetidas</li> <li>- Tamaño del efecto<sup>4</sup>: <i>d</i> de Cohen's</li> </ul>
<b>Estudio 3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Test U de Mann-Whitney</li> <li>- Test de Wilcoxon</li> <li>- Prueba T para muestras independientes o chi-cuadrado</li> <li>- ANOVA con post-hoc Bonferroni</li> <li>- Coeficiente de correlación de Spearman</li> </ul>
<b>Estudio 4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prueba T para muestras independientes o chi-cuadrado</li> <li>- ANOVA de una vía</li> <li>- ANCOVA</li> <li>- Tamaño del efecto: <i>d</i> de Cohen's</li> </ul>
<b>Estudio 5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prueba T para muestras independientes o chi-cuadrado</li> <li>- Prueba T para muestras relacionadas</li> <li>- ANOVA de 2 vías</li> </ul>

CCI: Coeficiente Correlación Intraclase; EEM: Error Estándar de Medida; MCD<sub>95</sub>: Mínimo Cambio Detectable con un intervalo de confianza del 95%,

<sup>1</sup>CCI: método que permite evaluar la concordancia general entre dos o más métodos de medida u observación, basado en un modelo de análisis de varianza (ANOVA) con medidas repetidas (Bland & Altman, 1990). Los valores de CCI pueden oscilar entre 0 y 1, donde 0 indica ausencia de concordancia, y 1 indica la concordancia absoluta entre las medidas. Fleiss (1999) propone la siguiente escala para interpretar el valor de CCI: <0,30 (mala o nula), 0,31-0,50 (mediocre), 0,55-0,70 (moderada), 0,71-0,90 (buena) y >0,90 (muy buena).

<sup>2</sup>EEM: es la desviación típica de los errores de medida asociados a las puntuaciones repetidas observadas en un test para una muestra de sujetos evaluados. Representa el mínimo cambio que indica una mejora real en un grupo de sujetos (Flansbjerg, Holmback, Downham, & Lexell, 2005).

<sup>3</sup>MCD: es la cantidad mínima de cambio que no es probable que sea debida a la probabilidad de variación en la medición (Haley & Fragala-Pinkham, 2006). Permite estimar el mínimo cambio en la medida que es necesario para considerar que se ha producido una mejora (o un deterioro), y que ésta no es debida a la variabilidad de los participantes o al EEM.

<sup>4</sup>Tamaño del efecto: es un índice en una métrica común que indica la magnitud de una relación o efecto (Cohen, 1988). Nos indica cuánto de la variable dependiente se puede controlar, predecir o explicar por la variable independiente (Snyder & Lawson, 1993) o en qué grado la hipótesis nula es falsa (Cohen, 1988). Cohen (1988) sugiere el siguiente criterio orientativo: valores de *d* inferiores a 0,2 indican un efecto pequeño, 0,5 un efecto mediano y 0,8 indica un efecto de alto.

### III.6. INTERVENCIÓN

Los participantes en los grupos intervención y control durante el desarrollo de la presente investigación tenían acceso a la atención habitual (visita ambulatoria para el control de los parámetros relacionados con la diabetes y dar consejos para mejorarla), y se les pidió no cambiar sus hábitos alimenticios y de actividad física durante la intervención.

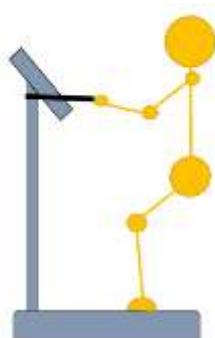
Los sujetos pertenecientes al grupo experimental participaron además en un programa de entrenamiento basado en ejercicios estáticos y dinámicos sobre una plataforma vibratoria (Physio Wave 700, Globus, Italy) durante doce semanas de duración. En la tabla 8, se observa la descripción de la intervención. Los sujetos realizaron tres sesiones de entrenamiento por semana con al menos un día de descanso entre sesiones. La intensidad de la vibración se progresó mediante el aumento de la frecuencia desde 12 a 16 Hz, manteniéndose la amplitud en 4mm durante todo el programa de entrenamiento. La duración de los ejercicios se aumentó progresivamente desde 30 a 60s con periodos de descanso de 30s.

Tabla 8. Descripción del protocolo de entrenamiento						
Semana	Sesión/sem.	Tiempo ejercicio(s)	Nº ejercicios	Frec. (Hz) Amplitud(mm)	Tiempo descanso(s)	Tiempo total entrenamiento (s)
1-2	3	30	8	12/4	30	480
3-4	3	30	8	12/4	30	480
5-6	3	45	8	14/4	30	720
7-8	3	45	8	14/4	30	720
9-10	3	60	8	16/4	30	960
11-12	3	60	8	16/4	30	960

Sem: semana; s:segundos; Nº: números; Frec: frecuencia; Hz: hercios

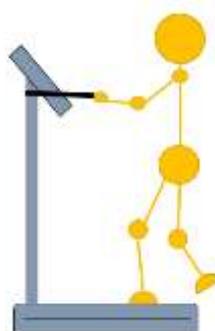
Cada sesión de entrenamiento estaba compuesta por ocho ejercicios, los cuales se describen en la tabla 9.

**Tabla 9.** Descripción de los ejercicios de entrenamiento.



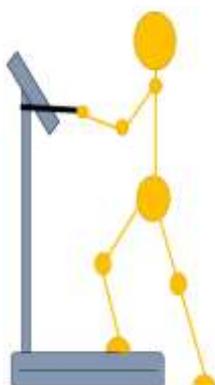
***Ejercicio de calentamiento: squat o sentadilla***

Los sujetos colocaban los pies en el centro de la plataforma y los separaban a la anchura de los hombros. Mantenían las rodillas flexionadas a 100° (sin que la rodilla superase la punta del pie) y la espalda lo más erguida posible dirigiendo la mirada hacia el frente sujetando el manillar de la plataforma para mantener el equilibrio.



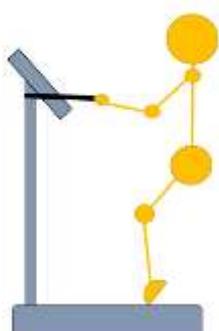
***Ejercicio n° 1: subir y bajar***

Partiendo desde fuera de la plataforma sujetando el manillar de la misma, los sujetos realizaban la siguiente secuencia: subir pie derecho-izquierdo, bajar pie derecho-izquierdo. Repetían la secuencia tantas veces como duraba el ejercicio.

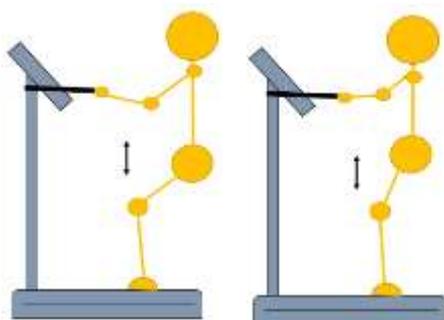


***Ejercicio n° 2: zancada o lunge***

Los sujetos colocaban uno de los pies sobre la plataforma flexionando la rodilla a 90° (sin que ésta superase la punta del pie) y el otro en el suelo, manteniendo la espalda erguida y dirigiendo la mirada hacia el frente. El ejercicio se llevó a cabo con ambas piernas alternativamente.

**Ejercicio n° 3: elevación de talones**

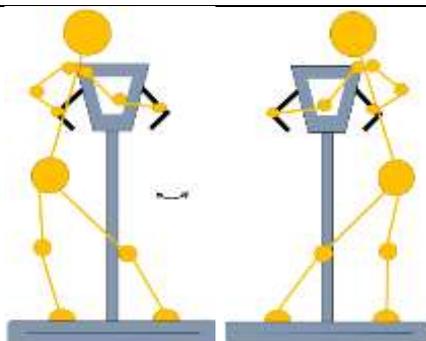
Los sujetos colocaban los pies en el centro de la plataforma, los separaban a la anchura de los hombros y elevaban los talones manteniendo las rodillas con una ligera flexión, la espalda erguida, la mirada hacia el frente y sujetando el manillar de la plataforma para mantener el equilibrio.

**Ejercicio n° 4: squat o sentadilla**

MOMENTO 1

MOMENTO 2

Partiendo de la posición de squat o sentadilla, el sujeto realizaba una flexo-extensión de rodilla de manera alternativa durante la duración del ejercicio.

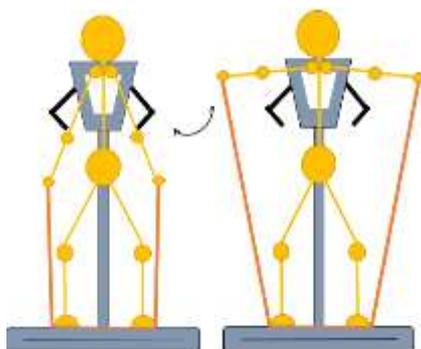


MOMENTO 1

MOMENTO 2

**Ejercicio n° 5: squat con cambios de peso**

Partiendo de la posición de squat, el sujeto realizaba una flexo-extensión de rodilla mientras desplazaba el peso del cuerpo en el eje medio lateral (izquierda-derecha) de manera alternativa.

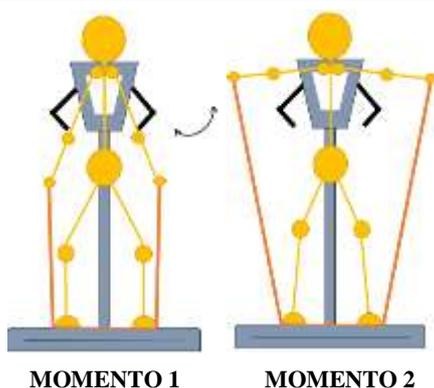


MOMENTO 1

MOMENTO 2

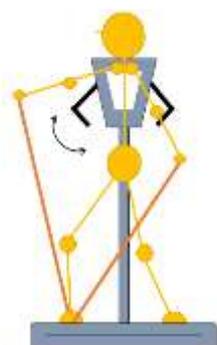
**Ejercicio n° 6: squat mantenidos con bandas elásticas**

Los sujetos colocaban los pies en el centro de la plataforma y los separaban a la anchura de los hombros. Mantenían las rodillas flexionadas a 100° (sin que la rodilla superase la punta del pie) pisando una banda elástica y realizaban elevaciones laterales de hombros (abducción).



### ***Ejercicio n° 7: squat con bandas elásticas***

Partiendo de la misma posición que en el ejercicio anterior, los sujetos realizaban aducción de hombros mientras flexionaban las rodillas y abducción de hombros mientras extendían las rodillas. Repetían la secuencia tantas veces como duraba el ejercicio.



### ***Ejercicio n° 8: lateral con bandas elástica***

Los sujetos se colocaban lateralmente en la plataforma con los pies separados (uno adelantado y otro atrasado) formando un rectángulo. Con el pie adelantado pisaban la banda elástica y realizaban movimientos de antepulsión-retropulsión de hombro alternativamente.

Con el fin de garantizar la seguridad de los participantes en el estudio, se realizaron pruebas de glucosa en capilar (no en ayunas) en cada participante durante el primer día de cada aumento en la intensidad en el programa de ejercicios, incluyendo pre/post-ejercicio y pasadas 48 horas del entrenamiento. De esta forma fue posible detectar si a) los participantes venían a la sesión en condiciones de comenzar el ejercicio (aquellos participantes con más de 240 mg/dl de glucosa en sangre no participaron en la sesión de día) y b) constatar el efecto que la sesión de entrenamiento tuvo sobre la dinámica de la glucosa en sangre durante las 48 horas posteriores al ejercicio.

**RESUMEN GLOBAL DE LOS  
RESULTADOS**



En el siguiente apartado se resumen los resultados más relevantes de los diferentes artículos que forman parte de este documento, pudiéndose encontrar una descripción más detallada de los mismos en cada uno de los artículos incluidos en la presente memoria de tesis doctoral.

#### IV.1. ESTUDIO 1

##### **Test-Retest Reliability and Minimal Detectable Change Scores for Fitness Assessment in Older Adults with Type 2 Diabetes**

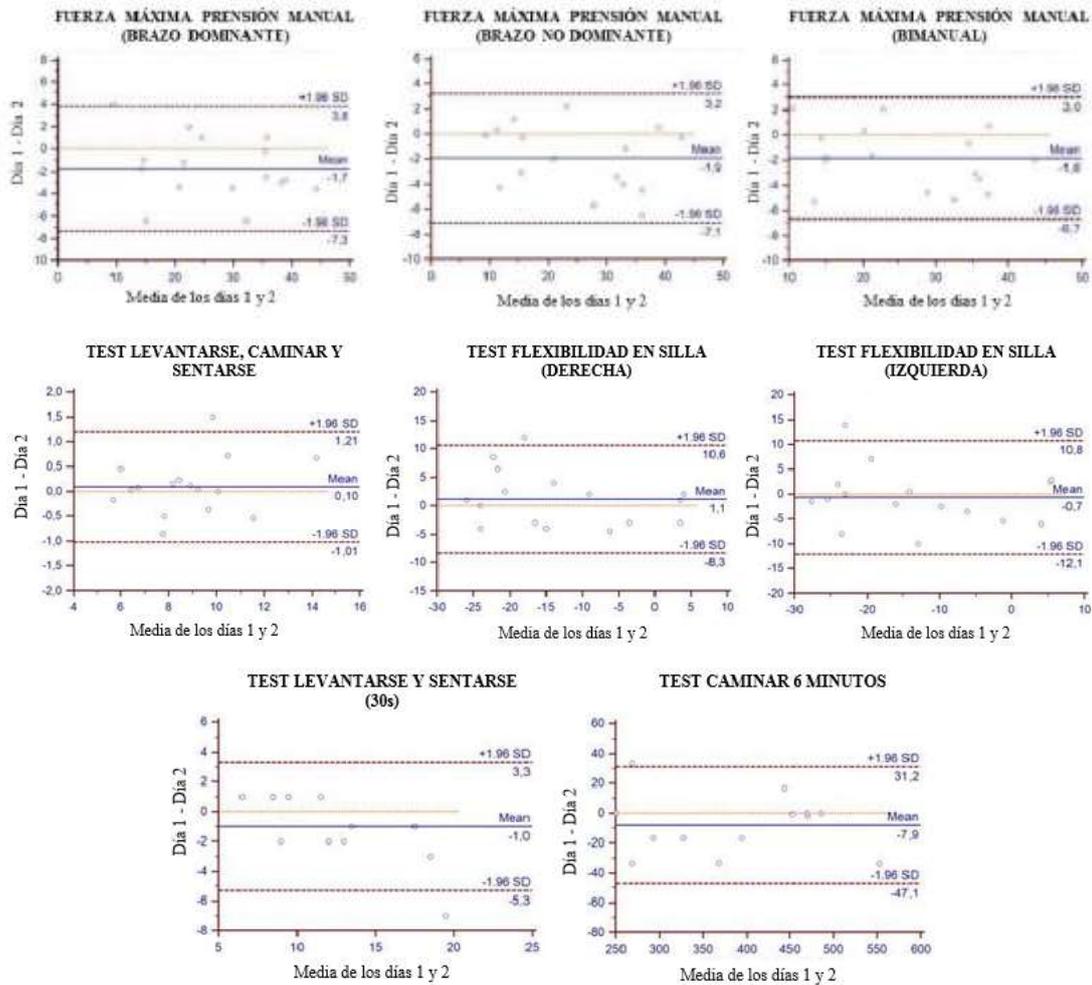
Rosa M. Alfonso-Rosa, MSc, Borja del Pozo-Cruz, PhD, Jesús del Pozo-Cruz, MSc, Borja Sañudo, PhD & Michael E. Rogers, PhD



- *Fiabilidad relativa de los test de evaluación de capacidad funcional en sujetos adultos con DM2.*

En la tabla 10 se presentan los CCI de cada test, los valores del EEM, MCD<sub>95</sub> y los coeficientes de variación (CV%). Los valores de los CCI para la fiabilidad test-retest obtenidos fueron altos (>0,90) para todas las pruebas de capacidad funcional [fuerza máxima isométrica de prensión manual, test de levantarse, caminar y sentarse, test de flexibilidad en silla, test de levantarse y sentarse (30s) y test de caminar 6 minutos], indicando una fiabilidad relativa muy buena en el estudio test-retest. Como se observa en la tabla 10, los coeficientes de variación (entre 5 y 17%) indican que los participantes tenían una baja variabilidad cuando se consideraron ambas mediciones, con excepción del test de flexibilidad en silla.

En la figura 7 se muestran las gráficas Bland-Altman de las diferencias entre las pruebas de capacidad funcional del día 1 y día 2. Con la excepción del test de levantarse, caminar y sentarse y del test de flexibilidad en silla (lado derecho), la tendencia mostrada por el sesgo fue negativa, lo que indica que se registraron mayores valores en la pruebas de capacidad funcional durante el día 2 que en el día 1 de medición.



**Figura 7.** Gráficas Bland-Altman de las diferencias entre las pruebas de capacidad funcional del día 1 y día 2.

- *Fiabilidad absoluta de los test de evaluación de capacidad funcional en sujetos adultos con DM2.*

Tal y como se muestra en la tabla 10, los valores del error estándar de medida para cada una de las pruebas de capacidad funcional fueron los siguientes: 1,40 kg, 1,56 kg y 1,49 kg para la prueba de fuerza máxima isométrica de prensión manual (con el brazo dominante, no dominante y bimanual, respectivamente); 2,70 cm y 3,25 cm para el test de flexibilidad en silla (lado derecho e izquierdo, respectivamente); 0,31 s para el test levantarse, caminar y sentarse; 9,88 m para el test de caminar 6 minutos y 1,21 repeticiones (ciclos) para el test de levantarse y sentar (30s).

Los valores del MCD<sub>95</sub> para las pruebas de capacidad funcional fueron: ±3,85 kg, ±4,32 y ±4,13 kg para la prueba de fuerza máxima isométrica de prensión manual (con

el brazo dominante, no dominante y bimanual, respectivamente);  $\pm 7,50$  cm y  $\pm 9,01$  cm para el test de flexibilidad en silla (lado derecho e izquierdo, respectivamente);  $\pm 0,85$  s para el test de levantarse, caminar y sentarse;  $\pm 27,37$  m para el test de caminar 6 minutos y  $\pm 3,35$  repeticiones para el test de levantarse y sentarse (30s) (Tabla 10).

**Tabla 10.** Análisis de la fiabilidad de los test de capacidad funcional en adultos mayores con DM2

Test de capacidad funcional	CCI	IC (95%) del CCI	EEM	%EEM	MCD	%MCD	%CV
F. prensión manual (mano dominante) (kg)	0,98	(0,95 a 0,99)	1,40	5,2	3,89	14,5	10,62
F. prensión manual (mano no dominante) (kg)	0,98	(0,96 a 0,99)	1,56	6,3	4,32	17,4	10,52
F. prensión manual (bimanual) (kg)	0,98	(0,96 a 1,00)	1,49	5,8	4,13	16,1	9,55
Flexibilidad en silla (derecha) (cm)	0,94	(0,84 a 0,98)	2,70	22,0	7,50	60,9	39,22
Flexibilidad en silla (izquierda) (cm)	0,93	(0,82 a 0,97)	3,25	26,4	9,01	73,3	47,56
Levantarse, caminar y sentarse (s)	0,98	(0,95 a 0,99)	0,31	3,5	0,85	9,8	6,46
Caminar 6 minutos (m)	0,99	(0,96 a 1,00)	9,88	2,5	27,37	7,0	5,12
Levantarse y sentarse (30s) (n° de ciclos)	0,92	(0,79 a 0,98)	1,21	9,6	3,35	26,7	17,60

DM2: diabetes mellitus tipo 2; CCI: coeficiente correlación intraclase; IC: intervalo de confianza; EEM: error estándar de medida; MCD: mínimo cambio detectable; CV: coeficiente de variación; F: fuerza; kg: kilogramos; cm: centímetros; s: segundos; m: metros



## IV.2. ESTUDIO 2

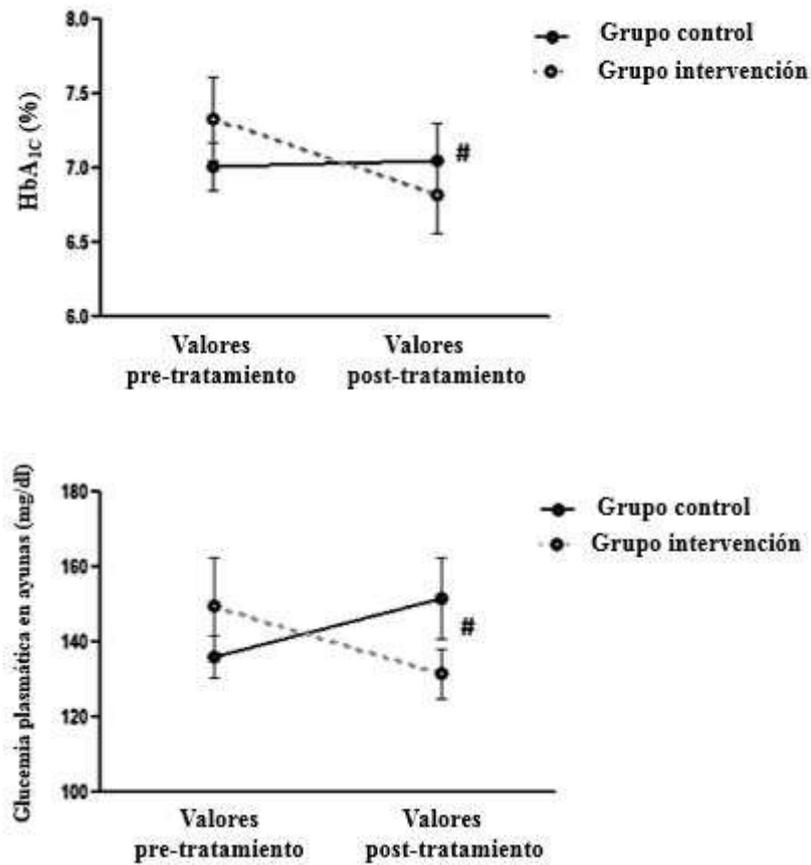
**Effects of a 12-wk whole-body vibration based intervention to improve type 2 diabetes**

Borja del Pozo-Cruz, Rosa M. Alfonso-Rosa, Jesús del Pozo-Cruz, Borja Sañudo &amp; Michael E. Rogers



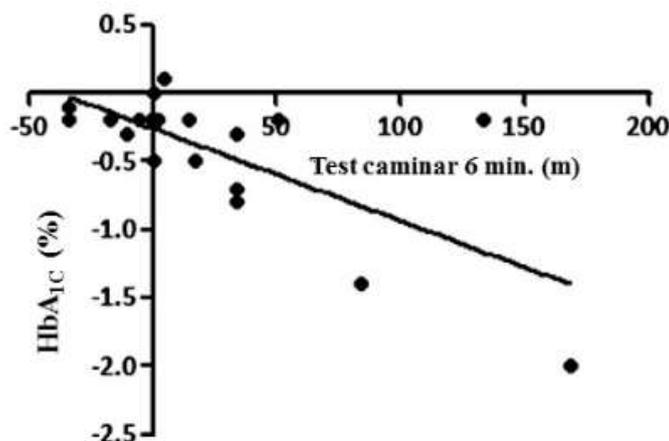
- *HbA<sub>1C</sub>, glucemia plasmática en ayunas y factores de riesgo cardiovascular relacionados con los lípidos en sujetos adultos con DM2.*

La figura 8 muestra los efectos de 12 semanas de entrenamiento WBV en la HbA<sub>1C</sub> y la glucemia plasmática en ayunas. Antes del programa de entrenamiento, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo de vibraciones mecánicas de cuerpo completo (WBV) y el grupo control (CON) en la HbA<sub>1C</sub> y la glucemia plasmática en ayunas. Sin embargo, tras el tratamiento, el grupo WBV mostró cambios significativos ( $p=0,002$ ), en comparación con el grupo CON en la HbA<sub>1C</sub>, con una diferencia media en las puntuaciones de -0,55% (95% IC -0,15 a -0,76) entre grupos y un tamaño del efecto de 0,236. Del mismo modo, se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos tras el tratamiento en la glucemia plasmática en ayunas ( $p=0,029$ ), con una diferencia media en las puntuaciones de -33,95 mm/dL (95% IC -51,38 a -3,47) y un tamaño del efecto de 0,515.



**Figura 8.** Efectos de 12 semanas de entrenamiento vibratorio en la HbA<sub>1C</sub> y glucemia plasmática en ayunas. El gráfico superior muestra la HbA<sub>1C</sub> (%) con valores antes del tratamiento de 7,01 (0,73) y 7,33 (1,20) para el grupo control e intervención, respectivamente, y tras el tratamiento valores de 7,05 (0,94) y 6,82 (1,06) para el grupo control e intervención, respectivamente. El gráfico inferior muestra los niveles de glucemia plasmática en ayunas (mg/dL) con valores antes del tratamiento de 135,85 (24,42) y 149,30 (53,35) para el grupo control e intervención, respectivamente, y valores tras el tratamiento de 151,55 (48,40) y 131,35 (30,03) para el grupo control e intervención, respectivamente. # Denota diferencias estadísticamente significativas en la prueba ANOVA ajustada por años desde el diagnóstico DM2 y edad de los participantes.

Como se observa en la figura 9, el coeficiente de correlación de Pearson (ajustado por la edad del participante y los años de diagnóstico de la DM2) reveló una correlación fuerte entre las puntuaciones de cambio desde el valor inicial de la HbA<sub>1C</sub> y el test de caminar 6 minutos ( $r=-0,704$ ). Además, el análisis de regresión lineal mostró la asociación de las puntuaciones de cambio entre la HbA<sub>1C</sub> y el test de caminar 6 minutos con  $R^2=0,50$ .



**Figura 9.** Relación entre la HbA<sub>1c</sub> y la capacidad aeróbica medido a través del test de caminar 6 minutos.

Si bien no se detectaron cambios estadísticamente significativos ( $p > 0,05$ ) para algunos de los factores de riesgo cardiovascular relacionados con los lípidos (HDL, LDL y LDL/HDL), el colesterol, los triglicéridos y el índice aterogénico disminuyeron de forma estadísticamente significativa ( $p = 0,031$ ,  $0,026$  y  $0,046$ , respectivamente) en el grupo WBV tras el tratamiento, en comparación con el grupo CON (Tabla 11).

**Tabla 11.** Efectos de una intervención de 12 semanas de entrenamiento vibratorio sobre el perfil bioquímico en adultos mayores con DM2 (N=39)

Variables	Pre-tratamiento		$p^a$	Post-tratamiento		$p^b$	Diferencias entre grupo en las puntuaciones medias de cambio antes del tratamiento (95% IC)	Tamaño del efecto entre diferentes grupos
	Grupo control (n=20)	Grupo intervención (n=19)		Grupo control (n=20)	Grupo intervención (n=19)			
Colesterol (mg/dL)	203(55,4)	198(43,1)	0,736	202(57,8)	173(39,1)	<b>0,012</b>	-24(-5,6 a -41,0)	0,620
Triglicéridos (mg/dL)	146(41,4)	196(58,2)	0,345	152(61,7)	139(95,5)	<b>0,026</b>	-62(-176,9 a -16,2)	0,166
HDL (mg/dL)	60(26,3)	55(13,5)	0,508	54(14,3)	58(16,1)	0,683	9(8,2 a 24,4)	0,229
LDL (mg/dL)	146(38,8)	131(41,3)	0,385	139(38,1)	117(40,1)	0,439	-7(-11,8 a -2,5)	0,574
LDL/HDL	2,79(0,84)	2,25(0,88)	0,142	2,76(0,81)	1,99(0,48)	0,462	-0,29(-0,35 a -0,16)	1,187
Índice aterogénico	3,79(1,70)	4,37(2,43)	0,473	3,93(1,68)	3,43(0,61)	<b>0,046</b>	-1,08(-3,06 a -0,30)	0,406

Datos presentados como media (desviación estándar); DM2: diabetes mellitus tipo 2; IC: intervalo de confianza; HDL: lipoproteínas de alta densidad; LDL: lipoproteínas de baja densidad; mg/dL: miligramos/decilitros.

<sup>a</sup> valor de  $p$  derivada del test estadístico t de Student para medidas independientes.

<sup>b</sup> valor de  $p$  derivado del modelo mixto de la prueba ANCOVA para medidas repetidas para el factor tiempo (ajustados por los años desde el diagnóstico de DM2 y la edad de los participantes) para comparar diferencias entre los grupos.

○ *Capacidad funcional*

Respecto a los efectos de la intervención sobre los niveles de condición física relacionada con la salud no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos WBV y CON antes del programa de entrenamiento. Si bien los participantes incluidos en el grupo WBV mostraron una tendencia de mejoría en el resultado del test de levantarse, caminar y sentarse, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas tras la intervención en comparación con el grupo CON ( $p=0,273$ ). Por el contrario, los participantes del grupo WBV mejoraron significativamente en el test de caminar 6 minutos ( $p=0,004$ ) y en el test de levantarse y sentarse (30s) ( $p=0,011$ ) tras el tratamiento, en comparación con el grupo CON (Tabla 12).

**Tabla 12.** Efectos de una intervención de 12 semanas de entrenamiento vibratorio sobre la capacidad funcional en adultos mayores con DM2 (N=39)

Test	Pre-tratamiento			Post-tratamiento			Diferencias entre grupo en las puntuaciones medias de cambio antes del tratamiento (95% IC)	Tamaño del efecto entre diferentes grupos
	Grupo control (n=20)	Grupo intervención (n=19)	$p^a$	Grupo control (n=20)	Grupo intervención (n=19)	$p^b$		
Levantarse, caminar y sentarse (s)	7,5(1,6)	8,6(2,3)	0,087	7,4(1,5)	8,1(0,3)	0,273	-0,4(-1,3 a -0,4)	0,578
Caminar 6 minutos (m)	419(67,1)	396(109,9)	0,431	393(85,1)	420(98,7)	<b>0,004</b>	51 (9,8 a 82,1)	0,392
Levantarse y sentarse (30s) (n° de ciclos)	13,5(3,3)	12,1(3,5)	0,213	13,6(3,8)	15,1(4,2)	<b>0,011</b>	2,9 (1,1 a 4,7)	0,307

Datos presentados como media (desviación estándar); DM2: diabetes mellitus tipo 2; IC: intervalo de confianza; HDL: lipoproteínas de alta densidad; LDL: lipoproteínas de baja densidad; s: segundos; m: metros.

<sup>a</sup> valor de  $p$  derivada del test estadístico t de Student para medidas independientes.

<sup>b</sup> valor de  $p$  derivado del modelo mixto de la prueba ANCOVA para medidas repetidas para el factor tiempo (ajustados por los años desde el diagnóstico de DM2 y la edad de los participantes) para comparar diferencias entre los grupos.

### IV.3. ESTUDIO 3

#### **Whole body vibration training improves leg blood flow and adiposity in patients with type 2 diabetes mellitus**

Borja Sañudo; Rosa Alfonso-Rosa; Borja del Pozo-Cruz; Jesús del Pozo-Cruz; Delfín Galiano; Arturo Figueroa



- *Efectos del programa de entrenamiento en la función vascular en sujetos adultos con DM2.*

Como se observa en la tabla 13, antes del programa de entrenamiento no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos (CON vs WBV) en las diferentes variables relacionadas con la función vascular. Sin embargo, tras la intervención (12 semanas de entrenamiento) se observaron diferencias estadísticamente significativas en las variables relacionadas con el flujo sanguíneo ( $p=0,026$ ),  $V_{med}$  ( $p=0,027$ ) y  $VD_{máx}$  ( $p=0,017$ ) en el grupo WBV en comparación con el grupo CON. En cuanto a los análisis intragrupo (grupo WBV), se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la  $V_{med}$  ( $p=0,048$ ), PMV ( $p=0,041$ ) y  $VD_{máx}$  ( $p=0,045$ ).

**Tabla 13.** Efectos de una intervención de 12 semanas de entrenamiento vibratorio en la función vascular en adultos mayores con DM2 (N=40)

Variables	Pre-tratamiento			Post-tratamiento		
	Grupo control (n=20)	Grupo intervención (n=20)	Diferencias intergrupo ( <i>p</i> <sup>a</sup> )	Grupo control (n=20)	Grupo intervención (n=20)	Diferencias intergrupo ( <i>p</i> <sup>a</sup> )
Diámetro (cm)	0,62 (0,22)	0,59 (0,23)	0,670	0,62 (0,18)	0,60 (0,22)	0,613
Flujo sanguíneo (ml/min)	123,33 (81,71)	148,88 (104,58)	0,194	132,49(68,43)	182,57 (134,02)	<b>0,026</b>
V <sub>med</sub> (cm/s)	5,57 (6,80)	8,05 (4,33)	0,107	6,70 (5,15)	11,25 (6,20) <sup>b</sup>	<b>0,027</b>
PMV (ms)	5,30 (4,90)	7,55 (3,61)	0,207	6,60 (4,75)	8,48 (4,99) <sup>b</sup>	0,097
VS <sub>máx</sub> (cm/s)	73,50 (22,66)	85,05 (37,70)	0,132	83,70 (20,21)	80,35 (30,30)	0,439
VD <sub>máx</sub> (cm/s)	1,44 (0,02)	1,44 (0,05)	0,392	1,45 (0,04)	1,41 (0,01) <sup>b</sup>	<b>0,017</b>
Tacel (ms)	0,07 (0,02)	0,08 (0,02)	0,182	0,08 (0,01)	0,08 (0,02)	0,305
VS/VD	50,75 (14,75)	56,00 (31,50)	0,224	56,25 (10,00)	53,50 (21,00)	0,381
IP	12,25 (8,11)	8,65 (5,05)	0,302	9,96 (5,27)	8,29 (6,96)	<b>0,053</b>
IR	0,98 (0,01)	0,99 (0,01)	0,196	0,97 (0,01)	0,98 (0,01)	0,241

Datos presentados como media (desviación estándar); DM2: diabetes mellitus tipo 2; V<sub>med</sub>: velocidad media; PMV: pico máximo de velocidad; VS<sub>máx</sub>: velocidad sistólica máxima; VD<sub>máx</sub>: velocidad diastólica máxima; Tacel: Tiempo de aceleración en llegar al pico de flujo; IP: índice de pulsatilidad; IR: índice de resistencia; cm: centímetro; ml/min: mililitros por minuto; cm/s: centímetros por segundos; ms: milisegundos.

<sup>a</sup> valor de *p* derivado del análisis de la prueba U Mann-Whitney.

<sup>b</sup> Test de Wilcoxon para hallar las diferencias intragrupo (grupo WBV).

○ *Efectos del programa de entrenamiento en la composición corporal en sujetos adultos con DM2.*

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos de estudio (CON vs WBV) antes del programa de entrenamiento en las diferentes variables relacionadas con la composición corporal (Tabla 14). Sin embargo, tras la intervención (12 semanas de entrenamiento vibratorio) se observaron diferencias estadísticamente significativas en el peso ( $p=0,001$ ), ICC ( $p=0,052$ ), perímetro de cintura ( $p=0,001$ ) y masa grasa ( $p=0,047$ ), en comparación con el grupo CON. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre grupos (grupo x tiempo) en el peso ( $p=0,001$ ), IMC ( $p=0,013$ ), ICC ( $p=0,044$ ), perímetro de cintura ( $p=0,001$ ) y el porcentaje de masa grasa ( $p=0,017$ ).

**Tabla 14.** Efectos de una intervención de 12 semanas de entrenamiento vibratorio en la composición corporal en sujetos con DM2 (N=40)

Variables	Pre-tratamiento			Post-tratamiento			
	Grupo control (n=20)	Grupo intervención (n=19)	Diferencias intergrupo ( <i>p</i> <sup>a</sup> )	Grupo control (n=20)	Grupo intervención (n=29)	Diferencias intergrupo ( <i>p</i> <sup>b</sup> )	Diferencias entre grupo ( <i>p</i> <sup>c</sup> )
Peso (kg)	83,41(19,52)	80,41(15,02)	0,595	83,38(19,15)	77,93(15,48)	< <b>0,001</b>	< <b>0,001</b>
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	31,96(5,18)	30,95(6,89)	0,606	32,66(5,41)	29,95(6,84)	0,619	<b>0,013</b>
ICC	0,92(0,08)	0,92(0,09)	0,857	0,92(0,06)	0,87(0,06)	<b>0,052</b>	<b>0,044</b>
Perímetro cintura (cm)	108,84(13,51)	108,02(12,26)	0,847	108,63(12,07)	101,83(13,24)	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>
Masa grasa (%)	37,66(10,05)	36,59(9,91)	0,741	38,03(9,53)	34,29(9,62)	0,067	<b>0,017</b>
Masa grasa (kg)	33,12(11,23)	29,68(1,69)	0,355	33,51(11,32)	27,54(11,22)	<b>0,047</b>	<b>0,009</b>
Masa libre de grasa (%)	51,54(16,03)	49,16(11,08)	0,596	50,83(14,74)	48,73(10,60)	0,763	0,215
Masa libre de grasa (kg)	10,46(4,92)	8,72(4,46)	0,306	10,05(4,73)	8,95(0,26)	0,501	0,501

Datos presentados como media (desviación estándar); DM2: diabetes mellitus tipo 2; IMC: índice de masa corporal; ICC: índice cintura-cadera; kg: kilogramos; cm: centímetros.

<sup>a</sup> valor de *p* derivado del análisis de la prueba U Mann-Whitney.

<sup>b</sup> Diferencias intergrupo tras el tratamiento usando ANOVA para medidas repetidas con prueba post hoc (Bonferroni).

<sup>c</sup> Diferencias entre grupos tras el tratamiento derivado del test ANOVA (grupo x tiempo) ajustad por la edad.

- *Relación entre el flujo sanguíneo y la composición corporal en sujetos adultos con DM2.*

Como se observa en la tabla 15, los coeficientes de correlación de Spearman entre el cambio en las variables relacionadas con el flujo sanguíneo y la composición corporal tras las 12 semanas de intervención, fueron estadísticamente significativos para el flujo sanguíneo,  $V_{med}$ , PMV e IP, cuando se correlacionaron con el porcentaje de grasa corporal y el porcentaje de masa libre de grasa. Sin embargo, no se encontró una asociación significativa entre los cambios en el diámetro arterial y los cambios en las medidas relacionadas con la composición corporal.

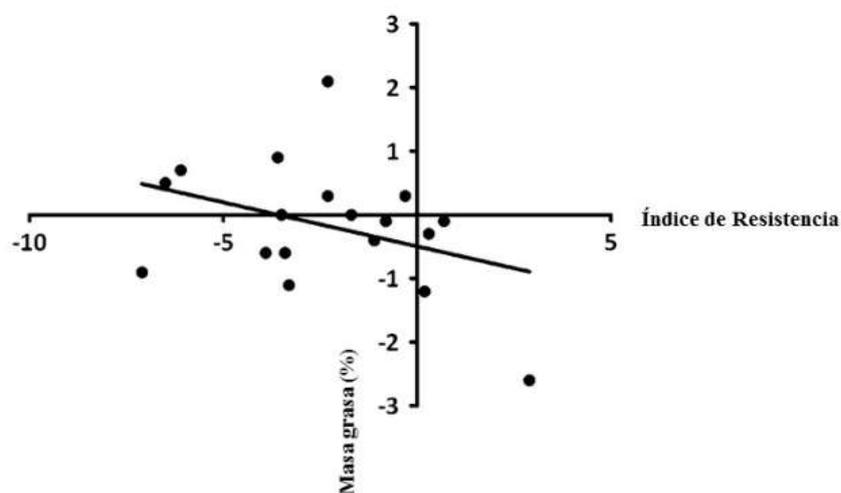
**Tabla 15.** Coeficientes de correlación de Spearman entre el cambio en el flujo sanguíneo y la composición corporal

Variables	Masa grasa_dif (%)	Masa grasa_dif (kg)	IMC_dif
Diámetro (cm)	-0,170	0,092	0,041
Flujo sanguíneo (ml/min)	-0,761**	-0,718**	-0,101
V <sub>med</sub> (cm/s)	-0,607**	-0,503*	-0,030
PMV (ms)	-0,677**	-0,581*	-0,026
VS <sub>máx</sub> (cm/s)	-0,360	-0,378	0,072
VD <sub>máx</sub> (cm/s)	-0,246	-0,192	-0,148
Tacel (ms)	-0,415	-0,330	-0,024
VS/VD	-0,230	-0,238	0,107
IP	0,510*	0,516*	0,584*
IR	-0,349	-0,224	0,138

V<sub>med</sub>: velocidad media; PMV: pico máximo de velocidad; VS<sub>máx</sub>: velocidad sistólica máxima; VD<sub>máx</sub>: velocidad diastólica máxima; Tacel: Tiempo de aceleración en llegar al pico de flujo; IP: índice de pulsatilidad; IR: índice de resistencia; cm: centímetros; ml/min: mililitros por minuto; cm/s: centímetros por segundos, ms: milisegundos.

\* $p \leq 0,05$ ; \*\* $p \leq 0,01$

Por otro lado, cuando los datos se ajustaron por la edad, se encontró una correlación adicional entre los cambios en el IR tras el tratamiento y los cambios en la grasa corporal ( $r^2 = -0,555$ ,  $p < 0,05$ ) (Figura 10).



**Figura 10.** Correlación entre los cambios en el índice de resistencia y los cambios en el porcentaje de masa grasa.

#### IV.4. ESTUDIO 4

### **A Primary Care-Based Randomized Controlled Trial of 12-Week Whole-Body Vibration for Balance Improvement in Type 2 Diabetes Mellitus**

Jesus del Pozo-Cruz, PhD, Rosa M. Alfonso-Rosa, MSc, José Luis Ugia, PhD, Joseph G. McVeigh, PhD, Borja del Pozo-Cruz, PhD, Borja Sañudo, PhD



#### ○ *Efectos de la intervención sobre el equilibrio*

Como se observa en la tabla 16, los sujetos del grupo WBV reportaron un recorrido del centro de presiones menor en la prueba realizada con ojos cerrados (lo que conlleva una menor variación del centro de presiones, por lo que podrían considerarse cambios positivos) después de la intervención ( $p=0,050$ ). También se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de estudio en el recorrido del centro de presiones en la prueba de ojos cerrados tanto en la ejecución de la misma con los pies separados como con los pies juntos, en favor del grupo WBV [ $p=0,010$ /efecto del tratamiento=  $-6,45$  (95% IC  $-12,41$  a  $0,49$ ),  $p=0,029$ /efecto del tratamiento= $15,99$  (95% IC  $-29,78$  a  $-2,49$ ), respectivamente]. Respecto al grupo CON, no se mostraron diferencias estadísticamente significativas en el recorrido del centro de presiones tras el tratamiento.

**Tabla 16.** Efectos de una intervención de 12 semanas de entrenamiento vibratorio en el equilibrio en sujetos adultos con DM2 (N=39)

	Pre-tratamiento (n=20)			Post-tratamiento (n=19)			<i>P</i> <sup>†</sup>	Diferencias entre grupo (IC del 95%)
	Pre-test	Post-test	<i>P</i> <sup>*</sup>	Pre-test	Post-test	<i>P</i> <sup>*</sup>		
<b>Pies separados</b>								
COP_OA_G	31,85(7,48)	38,80(11,34)	0,072	33,51(13,93)	35,06(11,86)	0,714	0,217	5,40(-1,17 a 11,98)
COP_OA_ML	16,26(5,42)	17,55(4,43)	0,438	15,69(3,92)	15,36(3,85)	0,793	0,221	-1,53(-4,51 a 1,32)
COP_OA_AP	29,37(11,59)	35,82(11,44)	0,124	28,62(9,63)	32,87(10,06)	0,192	0,573	4,31 (-1,21 a 9,80)
COP_OC_G	53,24(20,61)	59,58(26,42)	0,416	46,36(11,61)	46,24(12,43)	0,975	<b>0,010</b> <sup>‡</sup>	-6,45(-12,41 a 0,49)
COP_OC_ML	18,07(5,12)	19,24(5,38)	0,496	18,15(6,48)	18,01(5,40)	0,938	0,321	-1,32(-2,10 a 4,75)
COP_OC_AP	41,31(10,83)	45,47(12,79)	0,314	42,98(13,09)	43,85(15,85)	0,863	0,246	3,29(-5,18 a 11,77)
<b>Pies juntos</b>								
COP_OA_G	56,54(18,82)	61,24(15,01)	0,432	56,61(26,90)	61,11(15,45)	0,838	0,772	3,23(-10,95 a 17,42)
COP_OA_ML	36,29(9,52)	41,94(8,80)	0,067	34,17(10,81)	39,96(12,80)	0,250	0,934	0,14(-8,43 a 8,72)
COP_OA_AP	37,18(13,80)	43,62(16,50)	0,256	40,01(15,77)	43,22(13,09)	0,498	0,551	3,23(-7,64 a 14,10)
COP_OC_G	87,29(34,07)	90,35(21,23)	0,805	95,20(20,04)	82,25(15,59)	<b>0,050</b> <sup>‡</sup>	<b>0,029</b> <sup>‡</sup>	15,99(-29,78 a -2,49)
COP_OC_ML	52,56(21,66)	56,69(28,72)	0,645	60,87(13,88)	62,33(17,13)	0,774	0,586	2,37(-7,58 a 12,31)
COP_OC_AP	61,62(24,96)	62,30(27,82)	0,937	62,82(13,99)	61,68(15,81)	0,816	0,588	-1,81(-7,92 a 11,55)

Nota: Datos presentados como media (desviación estándar); COP: centro de presiones expresado en centímetros; DM2: diabetes mellitus tipo 2; OA: ojos abiertos; G: general; ML: eje mediolateral; AP: eje anteroposterior; OC: ojos cerrados. C: Diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre grupos tras el tratamiento derivada del test estadístico t de Student para medidas independientes.

\*valor de *p* derivado de la prueba ANOVA de un factor (factor tiempo).

+valor de *p* derivado del modelo mixto de la prueba ANCOVA para medidas repetidas para el factor tiempo (ajustados por los años desde el diagnóstico de DM2).

‡ Indica las variables con diferencias estadísticamente significativas.

## IV.5. ESTUDIO 5

### Efectos de un programa de ejercicio vibratorio de 12 semanas sobre la calidad de vida y la satisfacción con el tratamiento en pacientes adultos-mayores afectados por diabetes mellitus tipo 2

Alfonso Rosa, R.M<sup>a</sup>; Del Pozo-Cruz, J.; Sañudo-Corrales, B.; Haro González, M.; Fuentes Aragón, A.; Del Pozo-Cruz, B.



- *Calidad de vida relacionada con la salud (EsDQOL) en sujetos adultos con DM2.*

La tabla 17 muestra las diferencias existentes entre las puntuaciones obtenidas en las diferentes dimensiones del cuestionario de calidad de vida relacionada con la salud antes y después del programa de entrenamiento en ambos grupos.

**Tabla 17.** Comparación de las medidas del EsDQOL entre el pre-tratamiento y el post-tratamiento para ambos grupos

	Pre-tratamiento	Post-tratamiento	<i>p</i>
<b>Grupo Control</b>			
Satisfacción	22,6(±5,5)	26,2(±7,6)	0,244
Impacto	20,4 (±4,4)	21,3 (±3,9)	0,226
Preocupación social	7,3 (±3,4)	7,2 (±3,9)	0,493
Preocupación relacional	4,7 (±0,5)	4 (±0,0)	0,019*
<b>Grupo Experimental</b>			
Satisfacción	23,8(±10,2)	25,6(±6,0)	0,688
Impacto	20,1 (±9,8)	21,9 (±6,8)	0,150
Preocupación social	7,1 (±5,1)	7,3 (±3,4)	0,761
Preocupación relacional	4,7 (±2,6)	4,6 (±1,7)	0,651

Datos presentados como media (desviación estándar). EsDQOL: Quality-of-life questionnaire designed for diabetes mellitus.

*p*: valor de *p* derivado del test estadístico *t* de Student para medidas relacionadas.

\*Existencia de diferencias estadísticamente significativas entre el pre y post-tratamiento ( $p \leq 0,05$ ).

○ Satisfacción con el tratamiento (DTSQ-s)

En la tabla 18 se muestran los resultados del cuestionario de satisfacción con el tratamiento para ambos grupos tanto en el pre-tratamiento como en el post-tratamiento. En ambos casos, el grupo WBV presenta una mayor satisfacción con el tratamiento; sin embargo, las diferencias entre los grupos no fueron estadísticamente significativas.

**Tabla 18.** Comparación de las medidas del DTSQ-s entre los pacientes con DM2 del grupo experimental y control para ambos test (N=39)

	Grupo control (n=20)	Grupo experimental (n=19)	<i>p</i>
<b>Pre-tratamiento DTSQ-s</b>	28,8 (±4,5)	29,8 (±4,1)	0,539
<b>Post-tratamiento DTSQ-s</b>	29,8 (±6,8)	31,1 (±3,6)	0,667

Datos presentados como media (desviación estándar); DTSQ-s: satisfacción con el tratamiento de la diabetes; DM2: diabetes mellitus tipo 2.

*p*: valor de *p* derivado del test estadístico *t* de Student para medidas independientes.

\*Existencia de diferencias estadísticamente significativas entre el pre y post-tratamiento ( $p \leq 0,05$ ).

En la tabla 19 observamos la comparación de las medidas del DTSQ-s antes y después del tratamiento. Si bien ambos grupos reportaron una mejora en la satisfacción con el tratamiento, tan sólo en el grupo WBV se detectaron mejoras estadísticamente significativa en dicha dimensión ( $p=0,028$ ).

**Tabla 19.** Comparación de las medidas del DTSQ-s del pretratamiento y post-tratamiento para ambos grupos

	Pre-tratamiento	Post-tratamiento	<i>p</i>
<b>Grupo Control</b>	28,8 (±4,5)	30,2 (±6,8)	0,539
<b>Grupo Experimental</b>	29,8 (±6,8)	31,1 (±3,6)	<b>0,028*</b>

Datos presentados como media (desviación estándar); DTSQ-s: satisfacción con el tratamiento de la diabetes.

*p*: valor de *p* derivado del test estadístico *t* de Student para medidas independientes.

\*Existencia de diferencias estadísticamente significativas entre el pre y post-tratamiento ( $p \leq 0,05$ ).

Por otro lado, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en las variables relacionadas con la CVRS tras el tratamiento (Tabla 20).

**Tabla 20.** Efectos de 12 semanas de entrenamiento vibratorio sobre la calidad de vida relacionada con la salud y la satisfacción con el tratamiento de la diabetes

Variables	Pre-tratamiento		Post-tratamiento		Diferencias entre grupos post-tratamiento( <i>p</i> )
	Grupo Control	Grupo Experimental	Grupo Control	Grupo Experimental	
	(n=20)	(n=19)	(n=20)	(n=19)	
<b>EsDQOL</b>					
Satisfacción	22,6 (5,5)	23,8 (10,2)	26,2 (7,6)	25,6 (6,0)	0,663
Impacto	20,4 (4,4)	20,1 (9,8)	21,3 (3,9)	21,9 (6,8)	0,453
Preocupación social	7,3 (3,4)	7,1(5,1)	7,2 (3,9)	7,3 (3,4)	0,133
Preocupación relacional	4,7 (0,5)	4,7 (2,6)	4 (0,0)	4,6 (1,7)	0,779
<b>DTSQ-s</b>	28,8 (4,5)	29,8 (4,1)	30,2 (6,8)	31,1 (3,6)	0,766

Datos presentados como media (desviación estándar).

*p*: valor de *p* derivado del análisis ANOVA de dos vías (ajustado por la edad y años de diagnóstico de la DM2).



## **DISCUSIÓN**



En el siguiente apartado se presenta la discusión de los diferentes artículos que forman parte de este documento, pudiéndose encontrar una descripción más detallada de los mismos en cada uno de los artículos incluidos en la presente memoria de tesis doctoral.

## V.1. ESTUDIO 1

### **Test-Retest Reliability and Minimal Detectable Change Scores for Fitness Assessment in Older Adults with Type 2 Diabetes**

Rosa M. Alfonso-Rosa, MSc, Borja del Pozo-Cruz, PhD, Jesús del Pozo-Cruz, MSc, Borja Sañudo, PhD & Michael E. Rogers, PhD



Como novedad, este estudio proporciona estimaciones de la reproducibilidad de las medidas de capacidad funcional más comúnmente utilizadas en sujetos adultos mayores con DM2. En este estudio, la reproducibilidad en las medidas fue determinada mediante el CCI, EEM, MCD y los límites de acuerdo. Los principales hallazgos encontrados sugieren que la reproducibilidad test-retest (es decir, la capacidad del método de medición para producir el mismo resultado, o uno estrechamente semejante, cada vez que se aplica el procedimiento en condiciones idénticas) respecto a la fiabilidad de las pruebas es excelente, puesto que en todas las variables evaluadas se encuentra una fiabilidad con valores del CCI por encima del umbral de 0,90, lo que además ha sido sugerido como el nivel de fiabilidad mínima aceptable para pruebas clínicas (Portney & Watkins, 2009).

Los valores obtenidos para la prueba de fuerza máxima isométrica de prensión manual en este estudio, son similares a los encontrados en otras poblaciones clínicas (Segura-Orti & Martínez-Olmos, 2011), sujetos adultos sanos (Hamilton, Balnave, & Adams, 1994) y sujetos adultos mayores (Gusi et al., 2012). Si bien existe una escasez de estudios que analicen la fiabilidad del test de flexibilidad en silla (Baltaci, Un, Tunay, Besler, & Gerceker, 2003; Jones, Rikli, Max, & Noffal, 1998), nuestros datos concuerdan con los valores de CCI obtenidos para este test en sujetos adultos mayores encontrados por Gusi et al. (2012), lo que refuerza el uso de este test también en sujetos con DM2.

Por otro lado, el test de caminar 6 minutos junto con el test de levantarse, caminar y sentarse, son algunos de los test más utilizados para la evaluación de la capacidad funcional en sujetos con enfermedades crónicas (Rasekaba, Lee, Naughton, Williams, & Holland, 2009). En este estudio, el CCI obtenido para la reproducibilidad test-retest del test de caminar 6 minutos es de 0,99. Si bien este test ha sido utilizado en personas con DM2 con anterioridad (Ozdirenc, Biberoglu, & Ozcan, 2003), hasta nuestro conocimiento, ningún estudio previo ha determinado un CCI para este test en este grupo de población. En cualquier caso, los resultados de este estudio son consistentes con los encontrados en estudios previos realizados en sujetos adultos mayores sanos (Gusi et al., 2012), así como en otras poblaciones de adultos mayores con situaciones clínicas especiales [sujetos con Parkinson (Steffen & Seney, 2008), personas que sufrieron amputaciones del miembro inferior (Lin & Bose, 2008) o enfermos de Alzheimer (Ries, Echternach, Nof, & Gagnon Blodgett, 2009)]. Para el test de levantarse, caminar y sentarse, los valores de CCI encontrados son comparables con los proporcionados en estudios con sujetos adultos mayores dependientes (Nordin, Rosendahl, & Lundin-Olsson, 2006) y sujetos adultos mayores sanos (Gusi et al., 2012).

Por último, aunque el uso del test de levantarse y sentarse (30s) no se encuentra ampliamente extendido en personas con DM2, los valores de los CCI de este test que han sido reportados en poblaciones de adultos mayores sanos (Gusi et al., 2012) y en personas con patologías musculoesqueléticas (Smeets, Hijdra, Kester, Hitters, & Knottnerus, 2006) son similares a los resultados de CCI obtenidos en nuestro estudio.

Si bien los valores de CCI encontrados en este estudio fueron excelentes para todas las pruebas evaluadas, el uso del CCI de forma aislada puede llevar a una interpretación errónea de la fiabilidad de una prueba clínica. En este sentido, es necesaria la realización de otras pruebas. Por este motivo, en el presente estudio también se proporcionan los gráficos Bland-Altman mostrándonos el error sistemático entre los días uno y dos de medición. Así, el error sistemático en nuestro estudio fue cercano a 0 para todas las pruebas evaluadas. De forma similar, los límites de acuerdo al 95% son pequeños. Toda esta información en conjunto permite confirmar la buena reproducibilidad de las medidas estudiadas.

Por otro lado, en este estudio también se utiliza el método de error (reflejado en el coeficiente de variación) como complemento al análisis de fiabilidad test-retest. El coeficiente de variación refleja el porcentaje de variación de un ensayo a otro, aspecto que no facilita el CCI. Por ejemplo, un coeficiente de variación del 5% para el test de caminar 6 minutos indica que caminar 300 metros en la primera medición podría producir una variabilidad esperada de 15 metros en la segunda medición.

Sin embargo, los valores del CCI, los gráficos Bland-Altman o el coeficiente de variación son insuficientes para interpretar los datos desde un punto de vista clínico. En este sentido, es importante que los errores de medida también sean pequeños y el método suficientemente sensible para detectar cambios reales. Por tanto, para este propósito se usa el EEM (junto con la expresión de sus valores como porcentaje). Así, en este estudio, con la excepción del test de flexibilidad en silla, los valores del EEM son bajos (entre 2,5 y 10%), lo que implica unos valores racionales desde el punto de vista clínico e indica que las medidas de estos test pueden realizarse de forma fiable para un grupo de sujetos adultos mayores con DM2. El análisis del EEM nos permite además conocer el punto a partir del cual un cambio en el valor del test tras un tiempo dado (tras una intervención, por ejemplo) puede considerarse real y no debido a la propia variabilidad del instrumento utilizado. Este último conocimiento resulta de interés en el estudio de intervenciones que se desarrollen para la mejora de la condición física relacionada con la salud en personas con DM2. Por ejemplo, en nuestro estudio se obtuvo un error estándar de medida de 2,5 en el test de caminar 6 minutos.

Además, tal y como ha sido comentado con anterioridad, un aspecto importante dentro de la práctica clínica, es la necesidad de que los profesionales comprendan cómo los cambios en las puntuaciones o valores obtenidos mediante los diferentes test se pueden trasladar a su práctica diaria. Para este propósito se calculó el MCD (junto con la expresión de sus valores como porcentaje), con la intención de detectar un cambio real en un individuo (Beckerman et al., 2001). En este sentido, se sugiere que si un cambio excede de 0,85 s sobre el test de levantarse, caminar y sentarse; 27,37 m en el test de caminar 6 minutos o 3,35 repeticiones en el test de levantarse y sentarse (30s), los profesionales pueden estar seguros al 95% de que la diferencia no se debe al error de medida o a la variabilidad entre los sujetos.

En conclusión, el presente estudio indica que los test de condición física relacionada con la salud aquí evaluados son fiables y reproducibles en personas con DM2.

## V.2. ESTUDIO 2

### **Effects of a 12-wk whole-body vibration based intervention to improve type 2 diabetes**

Borja del Pozo-Cruz, Rosa M. Alfonso-Rosa, Jesús del Pozo-Cruz, Borja Sañudo & Michael E. Rogers



Los principales hallazgos encontrados en este estudio fueron que los participantes incluidos en el grupo WBV redujeron el nivel de HbA<sub>1C</sub>, glucemia plasmática en ayunas y el riesgo de sufrir enfermedad cardiovascular evaluado mediante el nivel de colesterol, triglicéridos e índice aterogénico. De igual forma, este grupo de participantes aumentó el nivel de capacidad funcional.

Estudios previos en poblaciones especiales e individuos no entrenados, mostraron mejoras en diferentes variables relacionadas con la salud y la condición física tras un entrenamiento vibratorio oscilante con frecuencias entre 12,6 y 26 Hz (Gusi, Raimundo, & Leal, 2006; Spiliopoulou, Amiridis, Tsigganos, & Hatzitaki, 2013), mientras que otros estudios no hallaron mejoras usando frecuencias superiores (Bogaerts, Verschueren, Delecluse, Claessens, & Boonen, 2007; Verschueren et al., 2004). En este sentido y por motivos de seguridad, se decidió aplicar frecuencias bajas, comenzando el entrenamiento en 12 Hz y progresando hasta 16 Hz durante el último mes de entrenamiento.

La HbA<sub>1C</sub> es considerada la mejor forma de medir el control glucémico a largo plazo, representando un buen control de la glucosa valores <7,0% de HbA<sub>1C</sub> (Sacks et al., 2011). Además, estudios previos han determinado que reducir la HbA<sub>1C</sub> en personas con DM2 disminuye el riesgo absoluto de desarrollar enfermedad coronaria en un 5-17% y el riesgo de mortalidad en un 6-15% (ten Brinke, Dekker, de Groot, & Ikkersheim, 2008). Los resultados obtenidos tras nuestra intervención (12 semanas de entrenamiento) demuestran que es clínicamente efectiva, ya que los participantes del grupo WBV redujeron sus valores de HbA<sub>1C</sub> hasta un 7% en comparación con el grupo CON, siendo esta disminución de HbA<sub>1C</sub> consistente con la reducción encontrada en la glucemia plasmática en ayunas después de la intervención. Otros estudios obtuvieron cambios más leves a los reflejados en el presente estudio en la HbA<sub>1C</sub>

después del entrenamiento vibratorio. Por ejemplo, Baum et al. (2007) hallaron una reducción de 0,3% en la HbA1c después de ocho semanas de entrenamiento vibratorio, pero sin embargo, Behboudi et al. (2011) no encontraron ninguna reducción significativa tras el mismo periodo de intervención (ocho semanas). A su vez, Baum et al. (2007) mostraron una reducción del 6,3% en la glucemia plasmática en ayunas tras la intervención, lo cual es consistente con los resultados mostrados en nuestro estudio respecto a esta variable. Por otra parte, la magnitud de cambio de la HbA<sub>1c</sub> después del tratamiento en nuestro estudio es ligeramente superior a la reportada en un meta-análisis (Hayashino, Jackson, Fukumori, Nakamura, & Fukuhara, 2012) que muestra los efectos de programas de ejercicios supervisados basados en el desarrollo de la resistencia, y consistente con los resultados reportados por Chudyk et al. (2011) en otro meta-análisis basado en programas de ejercicio combinado (aeróbico y fuerza).

La enfermedad cardiovascular es considerada la principal causa de muerte entre las personas con diabetes (Bhattacharyya, Shah, & Booth, 2008), por lo que el manejo y control de los factores de riesgo cardiovascular modificables debe ser una prioridad para los profesionales e investigadores. En el presente estudio, los resultados obtenidos tras el programa de entrenamiento vibratorio en los valores de HDL y LDL, son similares a los resultados hallados en un ensayo clínico de 12 meses de duración basado en un programa de entrenamiento prescrito y supervisado en sujetos sedentarios italianos con DM2 (Balducci et al., 2010). En línea con lo anterior, los valores descritos en estas dos lipoproteínas (HDL y LDL) en nuestro estudio son consistentes con los resultados proporcionados en dos meta-análisis basados en un programa de entrenamiento combinado (ejercicio aeróbico y de fuerza) para la gestión de la DM2 (Chudyk & Petrella, 2011; Hayashino et al., 2012). Por otra parte, los valores de triglicéridos descritos en nuestro estudio después del tratamiento son consistentes con los obtenidos por Hayashino et al. (2012) en su meta-análisis, donde describe los efectos de programas de ejercicios supervisados basados en el desarrollo de la resistencia. Estos resultados, junto con el índice aterogénico y el colesterol resultante tras la intervención, indican que el entrenamiento vibratorio cuando se combina con el entrenamiento de fuerza dinámico con bandas elásticas, puede ser tan, o más eficaz en la reducción del riesgo cardiovascular en comparación con otras

formas de ejercicio estudiadas previamente. Sin embargo, son necesarios más estudios para hacer comparaciones directas y sacar conclusiones definitivas al respecto.

Tal y como se esperaba, los participantes de nuestro estudio que siguieron el programa de entrenamiento vibratorio experimentaron una mejora en la fuerza del miembro inferior y la capacidad aeróbica, logrando valores de capacidad funcional similares a los obtenidos en un estudio nacional de población general (Pedrero-Chamizo et al., 2012). Se ha planteado la hipótesis de que, en respuesta al estímulo de vibración (reflejo tónico vibratorio), se activan más unidades motoras conduciendo a una mejor respuesta del músculo (Cardinale & Bosco, 2003), aspecto que también podría mejorar la sensibilidad a la insulina y el control glucémico (Srikanthan & Karlamangla, 2011). Esto podría explicar las mejoras observadas en la fuerza del miembro inferior, medido mediante el test de levantarse y sentarse (30s) y la capacidad aeróbica, medida mediante el test de caminar 6 minutos. Behboudi et al. (2011) mostraron leves mejoras, aunque no significativas, en la capacidad aeróbica en sujetos diabéticos después de ocho semanas de entrenamiento vibratorio. Probablemente, el tiempo de exposición al tratamiento no es suficiente para lograr mejoras significativas en esta capacidad. En línea de lo anterior, el aumento de la capacidad aeróbica podría tener algunas implicaciones sobre el control de la HbA<sub>1c</sub> (Kelley & Kelley, 2008), de hecho, en el presente estudio se encontró una relación fuerte entre el cambio en el valor de HbA<sub>1c</sub> y el cambio en la puntuación obtenida en el test de caminata 6 minutos (que refleja la capacidad aeróbica) tras el tratamiento.



### V.3. ESTUDIO 3

#### **Whole body vibration training improves leg blood flow and adiposity in patients with type 2 diabetes mellitus**

Borja Sañudo; Rosa Alfonso-Rosa; Borja del Pozo-Cruz; Jesús del Pozo-Cruz; Delfín Galiano; Arturo Figueroa



El objetivo del presente estudio, fue determinar la influencia de un programa de entrenamiento vibratorio de tres meses de duración sobre el flujo sanguíneo de la arteria femoral común y la composición corporal en sujetos con DM2. El principal hallazgo fue el aumento del flujo sanguíneo en la arteria femoral común tras un programa de entrenamiento vibratorio. En consonancia con nuestros resultados, Kerschman-Schindl et al. (2001) hallaron que el entrenamiento vibratorio agudo (26 Hz-3mm) aumentó el flujo sanguíneo de la arteria poplítea. Además, Lythgo et al. (2009) encontraron que el mismo tipo de vibración a intensidades similares (20-30 Hz) también aumentó el flujo sanguíneo de la arteria femoral. Sin embargo, cuando aplicaron frecuencias altas (45-60 Hz) no mostraron aumentos en el flujo sanguíneo de la arteria femoral en personas sanas (Button, Anderson, Bradford, Cotter, & Ainslie, 2007; Hazell, Thomas, Deguire, & Lemon, 2008).

Una posible explicación para estas discrepancias es que los participantes se colocaban con una flexión de rodillas de 90°, lo que sugiere que la transmisión de las vibraciones puede haber sido amortiguada, atenuando el efecto de las vibraciones sobre el flujo sanguíneo. Otra posible explicación ha sido sugerida por Lohman et al. (2007), quienes mostraron que el flujo sanguíneo cutáneo también puede incrementarse debido a las fuerzas de fricción aplicadas por la vibración mecánica sobre las células endoteliales a nivel celular. A su vez, estudios previos han sugerido que la vibración pasiva puede incrementar el flujo sanguíneo cutáneo de forma aguda en las extremidades expuestas (Kerschman-Schindl et al., 2001; Maloney-Hinds, Petrofsky, Zimmerman, & Hessinger, 2009), lo que sugiere que parte del efecto del ejercicio vibratorio en el flujo sanguíneo es debido a la vibración. Además, los posibles mecanismos subyacentes a los efectos de vasodilatación del ejercicio vibratorio pueden estar relacionados con un aumento

agudo en la producción de sustancias vasodilatadoras, incluyendo metabolitos (Herrero, Menendez, et al., 2011) y óxido nítrico (Maloney-Hinds et al., 2009).

A pesar de esto, la evidencia científica acerca del ejercicio vibratorio sobre el flujo sanguíneo ha ido encaminada al estudio del efecto agudo de la vibración sobre la función arterial, y hasta nuestro conocimiento no se han realizado estudios para analizar el efecto crónico del entrenamiento vibratorio sobre la función arterial. Sólo Figueroa et al. (2012) han reportado la efectividad de un programa de entrenamiento vibratorio de seis semanas de duración en la función arterial en mujeres jóvenes con sobrepeso/obesidad, mostrando una disminución significativa en la rigidez arterial, la onda de pulso y la presión arterial sistólica. Un aumento de la velocidad de la onda de pulso se asoció positivamente con el índice de resistencia de la arteria poplítea, lo que indica una mayor resistencia de la arteria de la pierna con el flujo sanguíneo en los sujetos con DM2 (Suzuki et al., 2001). En el presente estudio, no fue evaluada la velocidad de onda de pulso y el aumento del índice. Sin embargo, se encontraron mejoras significativas en la velocidad media y el pico máximo de velocidad en el grupo WBV, siendo estos resultados consistentes con los encontrados por Herrero et al. (2011 a y b). A su vez, Kersch-Schindl et al. (2001) mostraron incrementos estadísticamente significativos en la velocidad media en la arteria poplítea en individuos sanos, mientras que Herrero et al. (2011b) hallaron que la velocidad del flujo sanguíneo de la pierna se incrementó durante la aplicación de la vibración en pacientes con ataxia de Friedreich. Este mismo grupo de investigación también reflejó un aumento en el flujo sanguíneo de la arteria femoral después de tres minutos de vibración en pacientes con paraplejia (Herrero, Martin, et al., 2011).

De todos modos, la magnitud de cambio del flujo sanguíneo observada en el presente estudio es menor que la hallada en estudios previos (Kersch-Schindl et al., 2001; Lythgo et al., 2009). Estas mayores respuestas en comparación con nuestros resultados podrían deberse a la intensidad de la frecuencia empleada en el estudio (12-16 Hz), ya que fue menor a la utilizada en otros estudios. En este sentido, Lythgo et al. (2009) mostraron un incremento en torno al 80% en la velocidad del flujo de la arteria femoral (1 min, 30 Hz-4mm). Por otra parte, Kersch-Schindl et al. (2001) hallaron un incremento del 46% en la velocidad media del flujo sanguíneo en la arteria poplítea (9

min, 26 Hz-3mm). Estas inconsistencias pueden ser atribuibles a las diferencias en las poblaciones estudiadas, las intervenciones empleadas, los métodos utilizados para medir el flujo sanguíneo, y/o la duración de la intervención. Más importante aún, es el momento de realización de las mediciones (al menos 24 h después del último entrenamiento vibratorio), pudiéndose atribuir la mejora del flujo sanguíneo en la arteria femoral a factores endoteliales y no a la concentración de metabolitos vasodilatadores.

Otro importante hallazgo en este estudio, es el cambio en la adiposidad tras el programa de entrenamiento vibratorio. Los efectos del entrenamiento vibratorio sobre el porcentaje de grasa corporal y la masa libre de grasa no han sido objeto de estudio en sujetos con DM2, a pesar de que dichos sujetos con frecuencia son obesos y tienen cantidades anormales de grasa abdominal, lo cual puede aumentar el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares y metabólicas (Iannucci, Capoccia, Calabria, & Leonetti, 2007).

En el presente estudio, se muestra una disminución significativa en la grasa corporal (7,2%,  $p < 0,01$ ), lo que concuerda, por un lado, con la disminución del 3,2% de grasa corporal hallada por Fjeldstad et al. (2009) en mujeres post-menopáusicas sedentarias que realizaron un entrenamiento basado en vibraciones (30/40 Hz- 3mm) combinado con un entrenamiento de fuerza (3 series de 10 repeticiones al 80%) durante ocho meses (3 días/semana). Por otro lado, Vissers et al (2010) comprobaron que un entrenamiento combinado (vibración y dieta hipocalórica), conllevaba una disminución significativa en el porcentaje de grasa corporal después de tres (4,8%), seis (7,0%) y doce (5,5%) semanas de entrenamiento. Recientemente, Milanese et al. (2012) sugirieron que un entrenamiento vibratorio de ocho semanas de duración, fue efectivo para inducir cambios positivos en la composición corporal (disminución de la masa grasa) en mujeres. Por último, nuestro estudio muestra que el entrenamiento vibratorio fue eficaz en la reducción de la circunferencia de la cintura, ya que se consigue una reducción de seis centímetros. Este es un importante hallazgo, ya que la grasa corporal central es considerada un factor importante para el desarrollo de la resistencia a la insulina y el síndrome metabólico (Piche et al. 2008).

Una de las principales conclusiones de este estudio fue la asociación significativa hallada entre el cambio en el flujo sanguíneo y el cambio en la masa grasa. Mientras que estudios previos indicaron que la grasa visceral se asocia con la rigidez arterial (Maple-Brown, Brimblecombe, Chisholm, & O'Dea, 2004), este es el primer estudio que mostró una asociación significativa entre las mejoras en el flujo sanguíneo y el porcentaje de masa grasa tras un periodo de entrenamiento vibratorio. Además de la acción metabólica, la insulina aumenta el flujo sanguíneo periférico mediante la estimulación de la producción de óxido nítrico (Steinberg, Brechtel, Johnson, Fineberg, & Baron, 1994). Es posible que la pérdida de grasa abdominal pueda contribuir a la mejora del flujo sanguíneo mediante la mejora de la vasodilatación mediada por la insulina. Por lo tanto, la reducción de grasa abdominal puede ser el principal determinante de la sensibilidad a la insulina asociada a la mejora de la práctica de ejercicio en sujetos con DM2 (Bacchi et al., 2012).

En conclusión, y basándonos en los anteriores resultados se puede concluir que el entrenamiento vibratorio es un método eficaz para aumentar el flujo sanguíneo de la pierna y mejorar la adiposidad en los sujetos con DM2.

#### V.4. ESTUDIO 4

### **A Primary Care-Based Randomized Controlled Trial of 12-Week Whole-Body Vibration for Balance Improvement in Type 2 Diabetes Mellitus**

Jesus del Pozo-Cruz, PhD, Rosa M. Alfonso-Rosa, MSc, José Luis Ugia, PhD, Joseph G. McVeigh, PhD, Borja del Pozo-Cruz, PhD, Borja Sañudo, PhD



El principal hallazgo encontrado en este estudio, fue la mejora mostrada en el recorrido del centro de presiones con los ojos cerrados y pies juntos por el grupo WBV tras el programa de entrenamiento. Estos resultados son consistentes con los obtenidos por Morrison et al. (2010) en su estudio tras la aplicación de un programa de ejercicio de fuerza de seis semanas de duración en sujetos diabéticos tipo 2.

Otro hallazgo importante en este estudio, fue la mejora hallada en el grupo WBV (en comparación con el grupo CON) tras el programa de entrenamiento, en el recorrido del centro de presiones en la prueba de ojos cerrados tanto en la ejecución de la misma con los pies separados como con pies juntos, lo cual es consistente con los resultados descritos por Bonnet et al. (2009) quienes sugirieron que los sujetos con DM2 pueden carecer de comunicación central-periférica y tener alteraciones en la señalización vestibular (Petrofsky, Lee, & Cuneo, 2005).

Una posible explicación de estos resultados, es que las mejoras tras el programa de entrenamiento se pueden atribuir a la estimulación sensorial inducida por la vibración que activa los husos musculares, los cuales pueden llevar a mejorar la propiocepción (Nied & Franklin, 2002), siendo además, estos mecanismos responsables de las entradas sensoriales primarias para la respuesta postural automática (Peterka & Loughlin, 2004). Por otro lado, esta disminución del recorrido del centro de presiones en el grupo WBV puede ser explicada como consecuencia del aumento de la rigidez muscular después de la vibración (Cardinale & Bosco, 2003), ya que los receptores sensoriales que modulan la rigidez muscular detectan la vibración a través de la actividad muscular refleja y tratan de amortiguar las ondas vibratorias (Cardinale & Bosco, 2003).

Estudios previos apoyan la viabilidad y eficacia de utilizar el entrenamiento vibratorio para mejorar el rendimiento muscular y el equilibrio (Sanudo et al., 2012). Además, existen evidencias de que el ejercicio vibratorio es eficaz para mejorar el equilibrio en población mayor (Torvinen et al., 2002; Volpato et al., 2012). Sin embargo, diferentes niveles de dosificación (frecuencia y amplitud) en la aplicación de la vibración pueden conducir a resultados diferentes. En nuestro estudio, se aplica una intensidad de 12 a 16 Hz (amplitud 4 mm), tres veces/semana, durante tres meses. Un programa de entrenamiento similar, aunque con una frecuencia ligeramente mayor (20 Hz), mostró una mejora significativa en la estabilidad con respecto a la velocidad de movimiento, máxima distancia recorrida, y el control direccional (Cheung et al., 2007). Del mismo modo, Bruyere et al. (2005) mostraron mejoras en el equilibrio (evaluado mediante el test Tinetti), tras la aplicación de un programa de entrenamiento vibratorio de seis semanas de duración en una población mayor. Las sesiones de entrenamiento consistieron en cuatro series de un minuto de duración (10-26 Hz; 3-7mm), con 90 segundos de descanso, tres veces/semana. Sin embargo, estos resultados son contrarios a los reportados por Bautmans et al. (2005), quienes evaluaron la viabilidad de un programa de seis semanas de entrenamiento vibratorio (35-40 Hz; 2mm) en personas mayores institucionalizadas (seis ejercicios tres veces/semana), y demostraron que los participantes en el grupo WBV mantuvieron su nivel inicial de equilibrio (medido por el test de Tinetti) tras la intervención. En línea con lo anterior, Van Nes et al. (2006) tampoco mostraron efectos significativos en el equilibrio y las actividades de la vida diaria en sujetos en la fase subaguda del accidente cerebrovascular tras un programa de entrenamiento vibratorio de seis semanas de duración. Por tanto, parece que los diferentes protocolos utilizados, las características individuales de los sujetos y el nivel de discapacidad pueden afectar a la respuesta al entrenamiento vibratorio. Puede ser que los mayores beneficios de la vibración sobre el rendimiento muscular y la estabilidad se obtengan después de programas más intensivos o con una mayor duración. Sin embargo, como ya se sugirió, la intensidad del estímulo en el presente estudio se estableció teniendo en cuenta la capacidad de los sujetos a tolerar la intervención, ya que se pretendía evaluar la viabilidad del programa. Por ello, al establecer la intensidad y frecuencia, se comenzó en los parámetros más bajos (12 Hz). Futuros estudios son necesarios para poder sacar conclusiones definitivas al respecto.

Por último, otro aspecto novedoso de este estudio es la evaluación del equilibrio mediante el uso de la Wii balance board en un contexto de atención primaria. Aunque este instrumento ha demostrado la validez y fiabilidad para la evaluación del equilibrio, nuestro estudio demuestra que puede ser fácilmente adaptada para las intervenciones basadas en ejercicios utilizados en el manejo y control de la DM2 en la atención primaria. Autores como Najafi et al. (2010) ponen de relieve la necesidad de una herramienta eficaz y rentable para identificar individuos con inestabilidad postural y que corren riesgo de caídas. Por tanto los resultados del presente estudio ponen de manifiesto que el entrenamiento vibratorio puede ser una herramienta útil para la mejora del equilibrio y la prevención del riesgo de caídas en sujetos con DM2.



## V.5. ESTUDIO 5

### **Efectos de un programa de ejercicio vibratorio de 12 semanas sobre la calidad de vida y la satisfacción con el tratamiento en pacientes adultos-mayores afectados por diabetes mellitus tipo 2**

Alfonso Rosa, R.M<sup>a</sup>; Del Pozo-Cruz, J.; Sañudo-Corrales, B.; Haro González, M.; Fuentes Aragón, A.; Del Pozo-Cruz, B.



El objetivo del estudio fue constatar los efectos que tiene un programa de entrenamiento vibratorio de 12 semanas sobre la CVRS y satisfacción con el tratamiento en sujetos con DM2. Al igual que en otros estudios, encontramos una disminución significativa en las concentraciones de HbA<sub>1C</sub> y en el IMC de los sujetos que realizaban el ejercicio físico -datos no mostrados- (Baldi & Snowling, 2003; Boule, Haddad, Kenny, Wells, & Sigal, 2001).

Aunque normalmente los cambios clínicos mencionados modifican de forma secundaria la CVRS de los sujetos con DM2 (Chyun et al., 2006; Wandell, 2005), esta situación no se observa en nuestro estudio, pues al comparar los resultados obtenidos antes y después del programa de entrenamiento evaluado con el cuestionario EsDQOL no se encuentra una mejoría en ninguna de las dimensiones. En este sentido es importante comentar que este cuestionario fue validado tanto para pacientes con diabetes mellitus tipo 1 como pacientes con diabetes mellitus tipo 2, insulino o no insulino-dependientes (Millan, 2002). De hecho, algunas de las preguntas del cuestionario están orientadas a la interferencia que la diabetes tiene sobre aspectos relacionados con edades más jóvenes (ejemplo: ¿Con qué frecuencia le preocupa si se casará?, ¿Con qué frecuencia le preocupa si tendrá hijos?, etc.); por lo que a juicio de los autores, no es posible establecer un resultado definitivo en cuanto al efecto de este tipo de entrenamiento sobre la CVRS evaluado mediante cuestionarios específicos.

En esta línea de análisis, si observamos la dimensión “impacto” de la enfermedad, ambos grupos muestran niveles similares de adaptación y aceptación de la enfermedad, siendo los dominios menos afectados los “aspectos sociales y vocacionales”, posiblemente por la etapa evolutiva en la que se encuentran los encuestados, ya que eran sujetos mayores de 50 años, donde cobran mayor relevancia otros aspectos de su

vida en detrimento de los aspectos ligados al desarrollo vocacional y social. Es importante señalar que la calidad de vida específica se ha medido mediante percepciones subjetivas, por lo que es posible que en ocasiones existan discrepancias entre una misma percepción personal medida en dos momentos diferentes. Existen estudios que señalan que tanto la satisfacción con el tratamiento de la DM2, como el impacto del mismo y la preocupación por la vida provocan una serie de respuestas psicológicas en el paciente que están relacionadas con variables personales (ansiedad, depresión, falta de energía, etc.) que pueden influir en la percepción subjetiva de la salud y ésta, en general, está asociada con la carga percibida del síntoma, así como el estrés emocional (Martín, Querol, Larson, Rennovel, & Leal, 2007).

Por último, se puede apreciar en los resultados arrojados en el estudio que la satisfacción con el tratamiento evaluada con el cuestionario DTSQ-s incrementó de manera significativa tras la intervención en el grupo WBV. Esto puede deberse a que, tras la participación en el programa de entrenamiento, los participantes han mejorado su percepción sobre el estado de salud, pudiendo ser por tanto el entrenamiento WBV un instrumento útil, aplicable y complementario a los cuidados habituales para la atención del paciente diabético (C Bradley, 1999; Clare Bradley, Plowright, Stewart, Valentine, & Witthaus, 2007).

# **CONCLUSIONES**



Revisada la literatura, analizados los resultados obtenidos en los ensayos experimentales que constituyen la presente tesis y comparados con la información previa, se concluye que:

- Existe una alta fiabilidad test-retest en los test de condición física relacionada con la salud comúnmente usados en adultos con DM2.
- La aplicación de un programa de 12 semanas de entrenamiento basado en WBV en un entorno de atención primaria es aplicable, seguro y efectivo en la reducción de la HbA<sub>1C</sub> y el nivel de glucemia basal, mejorando los factores de riesgo cardiovascular y la capacidad funcional de sujetos con DM2.
- La aplicación de 12 semanas de entrenamiento basado en WBV permite incrementar el flujo sanguíneo de los miembros inferiores y disminuir la adiposidad en sujetos con DM2.
- La aplicación de 12 semanas de entrenamiento basado en WBV en un entorno de atención primaria es un método efectivo para mejorar el control postural en sujetos con DM2.
- Doce semanas de entrenamiento vibratorio no han demostrado ser efectivas para la mejora de la percepción de la CVRS evaluada mediante un cuestionario específico.



## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**



- Abercromby, A. F., Amonette, W. E., Layne, C. S., McFarlin, B. K., Hinman, M. R., & Paloski, W. H. (2007). Vibration exposure and biodynamic responses during whole-body vibration training. *Med Sci Sports Exerc*, 39(10), 1794-1800. doi: 10.1249/mss.0b013e3181238a0f
- Aleman, JJ, Artola, S, Franch, J., Mata, M., Millaruelo, JM, & Sangrós, J. (2014). Recomendaciones para el tratamiento de la diabetes mellitus tipo 2: control glucémico. *Disponible en <http://www.redgdps.org/>*.
- Alentorn Geli, E. (2008). *Tratamiento sintomático de la fibromialgia mediante vibraciones mecánicas*. Universitat de Barcelona, Barcelona. Retrieved from <http://hdl.handle.net/2445/42229>
- Alfonso-Rosa, R. M., Del Pozo-Cruz, B., Del Pozo-Cruz, J., Del Pozo-Cruz, J. T., & Sanudo, B. (2013). The relationship between nutritional status, functional capacity, and health-related quality of life in older adults with type 2 diabetes: a pilot explanatory study. *J Nutr Health Aging*, 17(4), 315-321. doi: 10.1007/s12603-013-0028-5
- Alibegovic, A. C., Sonne, M. P., Hojbjerg, L., Bork-Jensen, J., Jacobsen, S., Nilsson, E., Vaag, A. (2010). Insulin resistance induced by physical inactivity is associated with multiple transcriptional changes in skeletal muscle in young men. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 299(5), E752-763. doi: 10.1152/ajpendo.00590.2009
- Alvarez-Barbosa, F., del Pozo-Cruz, J., del Pozo-Cruz, B., Alfonso-Rosa, R. M., Rogers, M. E., & Zhang, Y. (2014). Effects of supervised whole body vibration exercise on fall risk factors, functional dependence and health-related quality of life in nursing home residents aged 80+. *Maturitas*, 79(4), 456-463. doi: 10.1016/j.maturitas.2014.09.010
- American Diabetes Association (2014). Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care*, 37 Suppl 1, S81-90. doi: 10.2337/dc14-S081
- American Diabetes Association (2014). Standards of medical care in diabetes. *Diabetes Care*, 37 Suppl 1, S14-80. doi: 10.2337/dc14-S014
- American Diabetes Association (2015). Standards of Medical Care in Diabetes—2015: Summary of Revisions. *Diabetes Care*, 38(Supplement 1), S4-S4.

- American Diabetes Association. (2013). Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care*, 36(Suppl 1), 67-74. doi: 10.2337/dc13-S067
- Arikawa, A. Y., O'Dougherty, M., & Schmitz, K. H. (2011). Adherence to a strength training intervention in adult women. *J Phys Act Health*, 8(1), 111-118.
- Azarbayjani, Mohammad-Ali, Behboudi, Lale, Aghaalinejad, H., & Salavati, M. (2011). Comparative effects of aerobic training and whole body vibration on plasma adiponectin and insulin resistance in type 2 diabetic men. *Annals of Biological Research*, 2(5).
- Bacchi, E., Negri, C., Zanolin, M. E., Milanese, C., Faccioli, N., Trombetta, M., Moghetti, P. (2012). Metabolic effects of aerobic training and resistance training in type 2 diabetic subjects: a randomized controlled trial (the RAED2 study). *Diabetes Care*, 35(4), 676-682. doi: 10.2337/dc11-1655
- Baldi, J. C., & Snowling, N. (2003). Resistance training improves glycaemic control in obese type 2 diabetic men. *Int J Sports Med*, 24(6), 419-423. doi: 10.1055/s-2003-41173
- Balducci, S., Zanuso, S., Nicolucci, A., De Feo, P., Cavallo, S., Cardelli, P., Pugliese, G. (2010). Effect of an intensive exercise intervention strategy on modifiable cardiovascular risk factors in subjects with type 2 diabetes mellitus: a randomized controlled trial: the Italian Diabetes and Exercise Study (IDES). *Arch Intern Med*, 170(20), 1794-1803. doi: 10.1001/archinternmed.2010.380
- Ballesta, M., Carral, F., Oliveira, G., Giron, J. A., & Aguilar, M. (2006). Economic cost associated with type II diabetes in Spanish patients. *Eur J Health Econ*, 7(4), 270-275. doi: 10.1007/s10198-006-0367-9
- Baltaci, G., Un, N., Tunay, V., Besler, A., & Gerceker, S. (2003). Comparison of three different sit and reach tests for measurement of hamstring flexibility in female university students. *Br J Sports Med*, 37(1), 59-61.
- Baum, K., Votteler, T., & Schiab, J. (2007). Efficiency of vibration exercise for glycemic control in type 2 diabetes patients. *Int J Med Sci*, 4(3), 159-163.
- Bautmans, I., Van Hees, E., Lemper, J. C., & Mets, T. (2005). The feasibility of Whole Body Vibration in institutionalised elderly persons and its influence on muscle performance, balance and mobility: a randomised controlled trial. *BMC Geriatr*, 5, 17. doi: 10.1186/1471-2318-5-17

- Beamer, B. A. (2000). Exercise to prevent and treat diabetes mellitus. *Phys Sportsmed*, 28(10), 85-86. doi: 10.3810/psm.2000.10.1257
- Beckerman, H., Roebroeck, M. E., Lankhorst, G. J., Becher, J. G., Bezemer, P. D., & Verbeek, A. L. (2001). Smallest real difference, a link between reproducibility and responsiveness. *Qual Life Res*, 10(7), 571-578.
- Behboudi, L., Azarbayjani, M. A., Aghaalinejad, H., & Salavati, M. (2011). Effects of aerobic exercise and whole body vibration on glycaemia control in type 2 diabetic males. *Asian J Sports Med*, 2(2), 83-90.
- Bennett, W. L., Ouyang, P., Wu, A. W., Barone, B. B., & Stewart, K. J. (2008). Fatness and fitness: how do they influence health-related quality of life in type 2 diabetes mellitus? *Health Qual Life Outcomes*, 6, 110. doi: 10.1186/1477-7525-6-110
- Bhattacharyya, Onil K., Shah, Baiju R., & Booth, Gillian L. (2008). Management of cardiovascular disease in patients with diabetes: the 2008 Canadian Diabetes Association guidelines. *Canadian Medical Association Journal*, 179(9), 920-926.
- Bland, J. M., & Altman, D. G. (1990). A note on the use of the intraclass correlation coefficient in the evaluation of agreement between two methods of measurement. *Comput Biol Med*, 20(5), 337-340.
- Bloomgarden, Z. T. (2000). American Diabetes Association Annual Meeting, 1999: diabetes and obesity. *Diabetes Care*, 23(1), 118-124.
- Bodenheimer, T., Lorig, K., Holman, H., & Grumbach, K. (2002). Patient self-management of chronic disease in primary care. *JAMA*, 288(19), 2469-2475.
- Bogaerts, A. C., Delecluse, C., Claessens, A. L., Troosters, T., Boonen, S., & Verschueren, S. M. (2009). Effects of whole body vibration training on cardiorespiratory fitness and muscle strength in older individuals (a 1-year randomised controlled trial). *Age Ageing*, 38(4), 448-454. doi: 10.1093/ageing/afp067
- Bogaerts, A., Delecluse, C., Claessens, A. L., Coudyzer, W., Boonen, S., & Verschueren, S. M. (2007). Impact of whole-body vibration training versus fitness training on muscle strength and muscle mass in older men: a 1-year randomized controlled trial. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 62(6), 630-635.

- Bogaerts, A., Verschueren, S., Delecluse, C., Claessens, A. L., & Boonen, S. (2007). Effects of whole body vibration training on postural control in older individuals: a 1 year randomized controlled trial. *Gait Posture*, *26*(2), 309-316. doi: 10.1016/j.gaitpost.2006.09.078
- Bonnet, C., Carello, C., & Turvey, M. T. (2009). Diabetes and postural stability: review and hypotheses. *J Mot Behav*, *41*(2), 172-190. doi: 10.3200/JMBR.41.2.172-192
- Borghouts, L. B., & Keizer, H. A. (2000). Exercise and insulin sensitivity: a review. *Int J Sports Med*, *21*(1), 1-12. doi: 10.1055/s-2000-8847
- Boule, N. G., Haddad, E., Kenny, G. P., Wells, G. A., & Sigal, R. J. (2001). Effects of exercise on glycemic control and body mass in type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of controlled clinical trials. *JAMA*, *286*(10), 1218-1227.
- Bradley, C. (1999). Diabetes Treatment Satisfaction Questionnaire: Change version for use alongside status version provides appropriate solution where ceiling effects occur. *Diabetes Care*, *22*, 530 - 532.
- Bradley, Clare, Plowright, Rosalind, Stewart, John, Valentine, John, & Witthaus, Elke. (2007). The Diabetes Treatment Satisfaction Questionnaire change version (DTSQc) evaluated in insulin glargine trials shows greater responsiveness to improvements than the original DTSQ. *Health and Quality of Life Outcomes*, *5*(1), 57.
- Bruyere, O., Wuidart, M. A., Di Palma, E., Gourlay, M., Ethgen, O., Richy, F., & Reginster, J. Y. (2005). Controlled whole body vibration to decrease fall risk and improve health-related quality of life of nursing home residents. *Arch Phys Med Rehabil*, *86*(2), 303-307. doi: 10.1016/j.apmr.2004.05.019
- Button, C., Anderson, N., Bradford, C., Cotter, J. D., & Ainslie, P. N. (2007). The effect of multidirectional mechanical vibration on peripheral circulation of humans. *Clin Physiol Funct Imaging*, *27*(4), 211-216. doi: 10.1111/j.1475-097X.2007.00739.x
- Capodaglio, P., Capodaglio Edda, M., Facioli, M., & Saibene, F. (2007). Long-term strength training for community-dwelling people over 75: impact on muscle function, functional ability and life style. *Eur J Appl Physiol*, *100*(5), 535-542. doi: 10.1007/s00421-006-0195-8

- Cardinale, M., & Bosco, C. (2003). The use of vibration as an exercise intervention. *Exerc Sport Sci Rev*, *31*(1), 3-7.
- Cardinale, M., & Pope, M. H. (2003). The effects of whole body vibration on humans: dangerous or advantageous? *Acta Physiol Hung*, *90*(3), 195-206. doi: 10.1556/APhysiol.90.2003.3.2
- Cardinale, M., & Rittweger, J. (2006). Vibration exercise makes your muscles and bones stronger: fact or fiction? *J Br Menopause Soc*, *12*(1), 12-18. doi: 10.1258/136218006775997261
- Cardinale, M., & Wakeling, J. (2005). Whole body vibration exercise: are vibrations good for you? *Br J Sports Med*, *39*(9), 585-589; discussion 589. doi: 10.1136/bjism.2005.016857
- Castillo-Garzón, Manuel J., Ruiz, Jonatan R., Ortega, Francisco B., & Gutiérrez, Ángel. (2006). Anti-aging therapy through fitness enhancement. *Clinical Interventions in Aging*, *1*(3), 213-220.
- Cederlund, R., Nordenskiöld, U., & Lundborg, G. (2001). Hand-arm vibration exposure influences performance of daily activities. *Disabil Rehabil*, *23*(13), 570-577.
- Chatrchyan, S., Khachatryan, V., Sirunyan, A. M., Tumasyan, A., Adam, W., Aguilo, E., . . . Collaboration, C. M. S. (2012). Study of the Dijet mass spectrum in pp --> W+jets events at sqrt[s] = 7 TeV. *Phys Rev Lett*, *109*(25), 251801.
- Cheung, W. H., Mok, H. W., Qin, L., Sze, P. C., Lee, K. M., & Leung, K. S. (2007). High-frequency whole-body vibration improves balancing ability in elderly women. *Arch Phys Med Rehabil*, *88*(7), 852-857. doi: 10.1016/j.apmr.2007.03.028
- Chodosh, J., Morton, S. C., Mojica, W., Maglione, M., Suttorp, M. J., Hilton, L., . . . Shekelle, P. (2005). Meta-analysis: chronic disease self-management programs for older adults. *Ann Intern Med*, *143*(6), 427-438.
- Chudyk, A., & Petrella, R. J. (2011). Effects of exercise on cardiovascular risk factors in type 2 diabetes: a meta-analysis. *Diabetes Care*, *34*(5), 1228-1237. doi: 10.2337/dc10-1881

- Church, Tim. (2011). Exercise in Obesity, Metabolic Syndrome, and Diabetes. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 53(6), 412-418. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pcad.2011.03.013>
- Chyun, D. A., Melkus, G. D., Katten, D. M., Price, W. J., Davey, J. A., Grey, N., Wackers, F. J. (2006). The association of psychological factors, physical activity, neuropathy, and quality of life in type 2 diabetes. *Biol Res Nurs*, 7(4), 279-288. doi: 10.1177/1099800405285748
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Erlbaum: Hillsdale, N.J.
- Committee International Expert (2009). International Expert Committee report on the role of the A1C assay in the diagnosis of diabetes. *Diabetes Care*, 32(7), 1327-1334. doi: 10.2337/dc09-9033
- Coon, P. J., Rogus, E. M., Drinkwater, D., Muller, D. C., & Goldberg, A. P. (1992). Role of body fat distribution in the decline in insulin sensitivity and glucose tolerance with age. *J Clin Endocrinol Metab*, 75(4), 1125-1132. doi: 10.1210/jcem.75.4.1400882
- Cordo, P., Gurfinkel, V. S., Bevan, L., & Kerr, G. K. (1995). Proprioceptive consequences of tendon vibration during movement. *J Neurophysiol*, 74(4), 1675-1688.
- Cristi Montero, C. (2011). *Efecto del entrenamiento de vibraciones sobre diversos parámetros funcionales y fisiológicos en ancianos*. León, León.
- Cristi, C., Collado, P. S., Marquez, S., Garatachea, N., & Cuevas, M. J. (2014). Whole-body vibration training increases physical fitness measures without alteration of inflammatory markers in older adults. *Eur J Sport Sci*, 14(6), 611-619. doi: 10.1080/17461391.2013.858370
- Da Silva, M. E., Fernandez, J. M., Castillo, E., Nunez, V. M., Vaamonde, D. M., Poblador, M. S., & Lancho, J. L. (2007). Influence of vibration training on energy expenditure in active men. *J Strength Cond Res*, 21(2), 470-475. doi: 10.1519/r-19025.1
- Da Silva, M. E., Vaamonde, D.N., & Padullés, J.M. (2006). Entrenamiento con vibraciones mecánicas y salud: efectos sobre los sistemas óseo, endocrino y cardiovascular. *Apunts Educación Física y Deportes*, 84(2º trimestre), 48-57.

- de Hoyo, M., Carrasco, L., Da Silva-Grigoletto, M. E., Sanudo, B., Caballero-Villarraso, J., Arriaza, E., & Escobar Mdel, C. (2013). Impact of an acute bout of vibration on muscle contractile properties, creatine kinase and lactate dehydrogenase response. *Eur J Sport Sci*, *13*(6), 666-673. doi: 10.1080/17461391.2013.774052
- de Oliveira, C. G., Simpson, D. M., & Nadal, J. (2001). Lumbar back muscle activity of helicopter pilots and whole-body vibration. *J Biomech*, *34*(10), 1309-1315.
- Devereux, G. R., Wiles, J. D., & Swaine, I. L. (2010). Reductions in resting blood pressure after 4 weeks of isometric exercise training. *Eur J Appl Physiol*, *109*(4), 601-606. doi: 10.1007/s00421-010-1394-x
- Evert, A. B., Boucher, J. L., Cypress, M., Dunbar, S. A., Franz, M. J., Mayer-Davis, E. J., Yancy, W. S., Jr. (2013). Nutrition therapy recommendations for the management of adults with diabetes. *Diabetes Care*, *36*(11), 3821-3842. doi: 10.2337/dc13-2042
- Ferrara, C. M., Goldberg, A. P., Ortmeier, H. K., & Ryan, A. S. (2006). Effects of aerobic and resistive exercise training on glucose disposal and skeletal muscle metabolism in older men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, *61*(5), 480-487.
- Figueira, F. R., Umpierre, D., Cureau, F. V., Zucatti, A. T., Dalzochio, M. B., Leitao, C. B., & Schaan, B. D. (2014). Association between physical activity advice only or structured exercise training with blood pressure levels in patients with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*, *44*(11), 1557-1572. doi: 10.1007/s40279-014-0226-2
- Figueroa, A., Gil, R., Wong, A., Hooshmand, S., Park, S. Y., Vicil, F., & Sanchez-Gonzalez, M. A. (2012). Whole-body vibration training reduces arterial stiffness, blood pressure and sympathovagal balance in young overweight/obese women. *Hypertens Res*, *35*(6), 667-672. doi: 10.1038/hr.2012.15
- Fjeldstad, C., Palmer, I. J., Bembien, M. G., & Bembien, D. A. (2009). Whole-body vibration augments resistance training effects on body composition in postmenopausal women. *Maturitas*, *63*(1), 79-83. doi: 10.1016/j.maturitas.2009.03.013

- Flansbjer, U. B., Holmback, A. M., Downham, D., & Lexell, J. (2005). What change in isokinetic knee muscle strength can be detected in men and women with hemiparesis after stroke? *Clin Rehabil*, *19*(5), 514-522.
- Fleg, J. L., Morrell, C. H., Bos, A. G., Brant, L. J., Talbot, L. A., Wright, J. G., & Lakatta, E. G. (2005). Accelerated longitudinal decline of aerobic capacity in healthy older adults. *Circulation*, *112*(5), 674-682. doi: 10.1161/circulationaha.105.545459
- Fleiss, J.L. (1999). *The design and analysis of clinical experiments*. New York: Wiley.
- Gomis, Ramón, Herrera-Pombo, J. L., Calderón, A., Rubio-Terrés, C., & Sarasa, P. (2006). Validación del cuestionario “Diabetes treatment satisfaction questionnaire” (DTSQ) en la población española. *PharmacoEconomics Spanish Research Articles*, *3*(1), 7-18. doi: 10.1007/BF03320906
- Griffin, J. (1996). *Handbook of Human Vibration*: Academic Press.
- Gusi, N., Parraca, J. A., Olivares, P. R., Leal, A., & Adsuar, J. C. (2010). Tilt vibratory exercise and the dynamic balance in fibromyalgia: A randomized controlled trial. *Arthritis Care Res (Hoboken)*, *62*(8), 1072-1078. doi: 10.1002/acr.20180
- Gusi, N., Prieto, J., Olivares, P. R., Delgado, S., Quesada, F., & Cebrian, C. (2012). Normative fitness performance scores of community-dwelling older adults in Spain. *J Aging Phys Act*, *20*(1), 106-126.
- Gusi, N., Raimundo, A., & Leal, A. (2006). Low-frequency vibratory exercise reduces the risk of bone fracture more than walking: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord*, *7*, 92. doi: 10.1186/1471-2474-7-92
- Haas, L., Maryniuk, M., Beck, J., Cox, C. E., Duker, P., Edwards, L., Youssef, G. (2014). National standards for diabetes self-management education and support. *Diabetes Care*, *37 Suppl 1*, S144-153. doi: 10.2337/dc14-S144
- Haley, S. M., & Fragala-Pinkham, M. A. (2006). Interpreting change scores of tests and measures used in physical therapy. *Phys Ther*, *86*(5), 735-743.
- Hamilton, A., Balnave, R., & Adams, R. (1994). Grip strength testing reliability. *J Hand Ther*, *7*(3), 163-170.
- Hansen, B. C. (1995). Obesity, diabetes, and insulin resistance: implications from molecular biology, epidemiology, and experimental studies in humans and animals. Synopsis of the American Diabetes Association's 29th Research

- Symposium and Satellite Conference of the 7th International Congress on Obesity, Boston, Massachusetts. *Diabetes Care*, 18(6), A2-9.
- Hawley, J. A., & Holloszy, J. O. (2009). Exercise: it's the real thing! *Nutr Rev*, 67(3), 172-178. doi: 10.1111/j.1753-4887.2009.00185.x
- Hayashino, Y., Jackson, J. L., Fukumori, N., Nakamura, F., & Fukuhara, S. (2012). Effects of supervised exercise on lipid profiles and blood pressure control in people with type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Diabetes Res Clin Pract*, 98(3), 349-360. doi: 10.1016/j.diabres.2012.10.004
- Hazell, T. J., Thomas, G. W., Deguire, J. R., & Lemon, P. W. (2008). Vertical whole-body vibration does not increase cardiovascular stress to static semi-squat exercise. *Eur J Appl Physiol*, 104(5), 903-908. doi: 10.1007/s00421-008-0847-y
- Herman, W. H. (2011). The economics of diabetes prevention. *Med Clin North Am*, 95(2), 373-384, viii. doi: 10.1016/j.mcna.2010.11.010
- Hernandez-Alvarez, M. I., Thabit, H., Burns, N., Shah, S., Brema, I., Hatunic, M., Nolan, J. J. (2010). Subjects with early-onset type 2 diabetes show defective activation of the skeletal muscle PGC-1{alpha}/Mitofusin-2 regulatory pathway in response to physical activity. *Diabetes Care*, 33(3), 645-651. doi: 10.2337/dc09-1305
- Herrero, A. J., Martin, J., Martin, T., Garcia-Lopez, D., Garatachea, N., Jimenez, B., & Marin, P. J. (2011). Whole-body vibration alters blood flow velocity and neuromuscular activity in Friedreich's ataxia. *Clin Physiol Funct Imaging*, 31(2), 139-144. doi: 10.1111/j.1475-097X.2010.00992.x
- Herrero, A. J., Menendez, H., Gil, L., Martin, J., Martin, T., Garcia-Lopez, D., Marin, P. J. (2011). Effects of whole-body vibration on blood flow and neuromuscular activity in spinal cord injury. *Spinal Cord*, 49(4), 554-559. doi: 10.1038/sc.2010.151
- Hilgers, C., Mundermann, A., Riehle, H., & Dettmers, C. (2013). Effects of whole-body vibration training on physical function in patients with multiple sclerosis. *NeuroRehabilitation*, 32(3), 655-663. doi: 10.3233/nre-130888

- Holten, M. K., Zacho, M., Gaster, M., Juel, C., Wojtaszewski, J. F., & Dela, F. (2004). Strength training increases insulin-mediated glucose uptake, GLUT4 content, and insulin signaling in skeletal muscle in patients with type 2 diabetes. *Diabetes*, *53*(2), 294-305.
- Howe, T. E., Rochester, L., Neil, F., Skelton, D. A., & Ballinger, C. (2011). Exercise for improving balance in older people. *Cochrane Database Syst Rev*(11), CD004963. doi: 10.1002/14651858.CD004963.pub3
- Iannucci, C. V., Capoccia, D., Calabria, M., & Leonetti, F. (2007). Metabolic syndrome and adipose tissue: new clinical aspects and therapeutic targets. *Curr Pharm Des*, *13*(21), 2148-2168.
- International Diabetes Federation. (2013). *IDF Diabetes Atlas, 6<sup>th</sup> edn*. Brussels, Belgium: International Diabetes Federation. <http://www.idf.org/diabetesatlas>
- Inzucchi, S. E., Bergenstal, R. M., Buse, J. B., Diamant, M., Ferrannini, E., Nauck, M., Matthews, D. R. (2012). Management of hyperglycemia in type 2 diabetes: a patient-centered approach: position statement of the American Diabetes Association (ADA) and the European Association for the Study of Diabetes (EASD). *Diabetes Care*, *35*(6), 1364-1379. doi: 10.2337/dc12-0413
- Janssen, M. F., Lubetkin, E. I., Sekhobo, J. P., & Pickard, A. S. (2011). The use of the EQ-5D preference-based health status measure in adults with Type 2 diabetes mellitus. *Diabet Med*, *28*(4), 395-413. doi: 10.1111/j.1464-5491.2010.03136.x
- Johnson, P. K., Feland, J. B., Johnson, A. W., Mack, G. W., & Mitchell, U. H. (2014). Effect of whole body vibration on skin blood flow and nitric oxide production. *J Diabetes Sci Technol*, *8*(4), 889-894. doi: 10.1177/1932296814536289
- Jones, C. J., Rikli, R. E., Max, J., & Noffal, G. (1998). The reliability and validity of a chair sit-and-reach test as a measure of hamstring flexibility in older adults. *Res Q Exerc Sport*, *69*(4), 338-343. doi: 10.1080/02701367.1998.10607708
- Kelley, G. A., & Kelley, K. S. (2008). Efficacy of aerobic exercise on coronary heart disease risk factors. *Prev Cardiol*, *11*(2), 71-75.
- Kersch-Schindl, K., Grampp, S., Henk, C., Resch, H., Preisinger, E., Fialka-Moser, V., & Imhof, H. (2001). Whole-body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume. *Clin Physiol*, *21*(3), 377-382.

- Kordi Yoosefinejad, A., Shadmehr, A., Olyaei, G., Talebian, S., & Bagheri, H. (2014). The effectiveness of a single session of Whole-Body Vibration in improving the balance and the strength in type 2 diabetic patients with mild to moderate degree of peripheral neuropathy: a pilot study. *J Bodyw Mov Ther*, 18(1), 82-86. doi: 10.1016/j.jbmt.2013.10.007
- Kostka, T., Rahmani, A., Berthouze, S. E., Lacour, J. R., & Bonnefoy, M. (2000). Quadriceps muscle function in relation to habitual physical activity and VO<sub>2</sub>max in men and women aged more than 65 years. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 55(10), B481-488.
- Kumar, A., Varghese, M., Mohan, D., Mahajan, P., Gulati, P., & Kale, S. (1999). Effect of whole-body vibration on the low back. A study of tractor-driving farmers in north India. *Spine (Phila Pa 1976)*, 24(23), 2506-2515.
- Lam, F. M., Lau, R. W., Chung, R. C., & Pang, M. Y. (2012). The effect of whole body vibration on balance, mobility and falls in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Maturitas*, 72(3), 206-213. doi: 10.1016/j.maturitas.2012.04.009
- LaMonte, M. J., Ainsworth, B. E., & Durstine, J. L. (2005). Influence of cardiorespiratory fitness on the association between C-reactive protein and metabolic syndrome prevalence in racially diverse women. *J Womens Health (Larchmt)*, 14(3), 233-239. doi: 10.1089/jwh.2005.14.233
- Lau, R. W., Liao, L. R., Yu, F., Teo, T., Chung, R. C., & Pang, M. Y. (2011). The effects of whole body vibration therapy on bone mineral density and leg muscle strength in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil*, 25(11), 975-988. doi: 10.1177/0269215511405078
- Lau, R. W., Teo, T., Yu, F., Chung, R. C., & Pang, M. Y. (2011). Effects of whole-body vibration on sensorimotor performance in people with Parkinson disease: a systematic review. *Phys Ther*, 91(2), 198-209. doi: 10.2522/ptj.20100071
- Lee, K., Lee, S., & Song, C. (2013). Whole-body vibration training improves balance, muscle strength and glycosylated hemoglobin in elderly patients with diabetic neuropathy. *Tohoku J Exp Med*, 231(4), 305-314.

- Lee, K., Lee, S., & Song, C. (2013). Whole-body vibration training improves balance, muscle strength and glycosylated hemoglobin in elderly patients with diabetic neuropathy. *Tohoku J Exp Med*, 231(4), 305-314.
- Lin, Suh-Jen, & Bose, Nisha Hathi. (2008). Six-Minute Walk Test in Persons With Transtibial Amputation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89(12), 2354-2359. doi: 10.1016/j.apmr.2008.05.021
- Linke, S. E., Gallo, L. C., & Norman, G. J. (2011). Attrition and adherence rates of sustained vs. intermittent exercise interventions. *Ann Behav Med*, 42(2), 197-209. doi: 10.1007/s12160-011-9279-8
- Lohman, E. B., 3rd, Petrofsky, J. S., Maloney-Hinds, C., Betts-Schwab, H., & Thorpe, D. (2007). The effect of whole body vibration on lower extremity skin blood flow in normal subjects. *Med Sci Monit*, 13(2), CR71-76.
- Lopez-Bastida, J., Boronat, M., Moreno, J. O., & Schurer, W. (2013). Costs, outcomes and challenges for diabetes care in Spain. *Global Health*, 9, 17. doi: 10.1186/1744-8603-9-17
- Lopez, A. (2009). *Atención farmacéutica: evaluación de antidiabéticos orales e insulina y los factores que influyen en su prescripción*. (Tesis doctoral inédita). Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. Universidad de Granada.
- Luo, J., McNamara, B., & Moran, K. (2005). The use of vibration training to enhance muscle strength and power. *Sports Med*, 35(1), 23-41.
- Lythgo, N., Eser, P., de Groot, P., & Galea, M. (2009). Whole-body vibration dosage alters leg blood flow. *Clin Physiol Funct Imaging*, 29(1), 53-59. doi: 10.1111/j.1475-097X.2008.00834.x
- Machado, A., García-López, D., González-Gallego, J., & Garatachea, N. (2010). Whole-body vibration training increases muscle strength and mass in older women: a randomized-controlled trial. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(2), 200-207. doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.00919.x
- Mackey, D. C., & Robinovitch, S. N. (2006). Mechanisms underlying age-related differences in ability to recover balance with the ankle strategy. *Gait Posture*, 23(1), 59-68. doi: 10.1016/j.gaitpost.2004.11.009

- Magkos, F., Yannakoulia, M., Chan, J. L., & Mantzoros, C. S. (2009). Management of the metabolic syndrome and type 2 diabetes through lifestyle modification. *Annu Rev Nutr*, 29, 223-256. doi: 10.1146/annurev-nutr-080508-141200
- Maloney-Hinds, C., Petrofsky, J. S., Zimmerman, G., & Hessinger, D. A. (2009). The role of nitric oxide in skin blood flow increases due to vibration in healthy adults and adults with type 2 diabetes. *Diabetes Technol Ther*, 11(1), 39-43. doi: 10.1089/dia.2008.0011
- Maple-Brown, L. J., Brimblecombe, J., Chisholm, D., & O'Dea, K. (2004). Diabetes care and complications in a remote primary health care setting. *Diabetes Res Clin Pract*, 64(2), 77-83. doi: 10.1016/j.diabres.2003.10.008
- Marin, P. J., Santos-Lozano, A., Santin-Medeiros, F., Vicente-Rodriguez, G., Casajus, J. A., Hazell, T. J., & Garatachea, N. (2012). Whole-body vibration increases upper and lower body muscle activity in older adults: potential use of vibration accessories. *J Electromyogr Kinesiol*, 22(3), 456-462. doi: 10.1016/j.jelekin.2012.02.003
- Marrero, D. G., Ard, J., Delamater, A. M., Peragallo-Dittko, V., Mayer-Davis, E. J., Nwankwo, R., & Fisher, E. B. (2013). Twenty-first century behavioral medicine: a context for empowering clinicians and patients with diabetes: a consensus report. *Diabetes Care*, 36(2), 463-470. doi: 10.2337/dc12-2305
- Martín, E., Querol, M.T., Larson, C., Renouvel, M., & Leal, C. (2007). Evaluación psicológica de pacientes con diabetes mellitus. *Av. Diabetol*, 23, 88-93.
- Martinez-Gonzalez, M. A., Lopez-Fontana, C., Varo, J. J., Sanchez-Villegas, A., & Martinez, J. A. (2005). Validation of the Spanish version of the physical activity questionnaire used in the Nurses' Health Study and the Health Professionals' Follow-up Study. *Public Health Nutr*, 8(7), 920-927.
- Martinez-Huedo, M. A., Lopez de Andres, A., Hernandez-Barrera, V., Palacios-Cena, D., Carrasco-Garrido, P., Hernandez, D. M., & Jimenez-Garcia, R. (2011). Trends in the prevalence of physical and functional disability among Spanish elderly suffering from diabetes (2000-2007). *Diabetes Res Clin Pract*, 94(2), e30-33. doi: 10.1016/j.diabres.2011.07.024
- Mata Cases, M., Roset Gamisans, M., Badia Llach, X., Antonanzas Villar, F., & Ragel Alcazar, J. (2003). [Effect of type-2 diabetes mellitus on the quality of life of

- patients treated at primary care consultations in Spain]. *Aten Primaria*, 31(8), 493-499.
- Mata, M., Antonanzas, F., Tafalla, M., & Sanz, P. (2002). [The cost of type 2 diabetes in Spain: the CODE-2 study]. *Gac Sanit*, 16(6), 511-520.
- Medicine, Institute of. (2001). *Crossing the Quality Chasm: A New Health System for the 21st Century*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Meeuwssen, S., Horgan, G. W., & Elia, M. (2010). The relationship between BMI and percent body fat, measured by bioelectrical impedance, in a large adult sample is curvilinear and influenced by age and sex. *Clin Nutr*, 29(5), 560-566. doi: 10.1016/j.clnu.2009.12.011
- Merriman, H., & Jackson, K. (2009). The effects of whole-body vibration training in aging adults: a systematic review. *J Geriatr Phys Ther*, 32(3), 134-145.
- Milanese, C., Piscitelli, F., Simoni, C., Pugliarello, R., & Zancanaro, C. (2012). Effects of whole-body vibration with or without localized radiofrequency on anthropometry, body composition, and motor performance in young nonobese women. *J Altern Complement Med*, 18(1), 69-75. doi: 10.1089/acm.2010.0324
- Millan, M. (2002). Cuestionario de calidad de vida específico para la diabetes mellitus (EsDQOL). *Atención Primaria*, 29(08), 517-521.
- Morrison, S., Colberg, S. R., Mariano, M., Parson, H. K., & Vinik, A. I. (2010). Balance training reduces falls risk in older individuals with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 33(4), 748-750. doi: 10.2337/dc09-1699
- Munro, B.H. (2005). *Statistical methods for health care research*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Myers, J., Atwood, J. E., & Froelicher, V. (2003). Active lifestyle and diabetes. *Circulation*, 107(19), 2392-2394. doi: 10.1161/01.cir.0000067882.00596.fc
- Najafi, B., Horn, D., Marclay, S., Crews, R. T., Wu, S., & Wrobel, J. S. (2010). Assessing postural control and postural control strategy in diabetes patients using innovative and wearable technology. *J Diabetes Sci Technol*, 4(4), 780-791.
- National Diabetes Data Group (1979). Classification and diagnosis of diabetes mellitus and other categories of glucose intolerance. *Diabetes*, 28(12), 1039-1057.

- Nied, R. J., & Franklin, B. (2002). Promoting and prescribing exercise for the elderly. *Am Fam Physician, 65*(3), 419-426.
- Nordin, E., Rosendahl, E., & Lundin-Olsson, L. (2006). Timed "Up & Go" test: reliability in older people dependent in activities of daily living--focus on cognitive state. *Phys Ther, 86*(5), 646-655.
- Norris, S. L., Lau, J., Smith, S. J., Schmid, C. H., & Engelgau, M. M. (2002). Self-management education for adults with type 2 diabetes: a meta-analysis of the effect on glycemic control. *Diabetes Care, 25*(7), 1159-1171.
- O'Brien, E., Pickering, T., Asmar, R., Myers, M., Parati, G., Staessen, J., . . . Gerin, W. (2002). Working Group on Blood Pressure Monitoring of the European Society of Hypertension International Protocol for validation of blood pressure measuring devices in adults. *Blood Press Monit, 7*(1), 3-17.
- Olivares, P. R., Gusi, N., Parraca, J. A., Adsuar, J. C., & Del Pozo-Cruz, B. (2011). Tilting Whole Body Vibration improves quality of life in women with fibromyalgia: a randomized controlled trial. *J Altern Complement Med, 17*(8), 723-728. doi: 10.1089/acm.2010.0296
- Olivares, P. R., Gusi, N., Prieto, J., & Hernandez-Mocholi, M. A. (2011). Fitness and health-related quality of life dimensions in community-dwelling middle aged and older adults. *Health Qual Life Outcomes, 9*, 117. doi: 10.1186/1477-7525-9-117
- Orr, R. (2015). The effect of whole body vibration exposure on balance and functional mobility in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Maturitas*. doi: 10.1016/j.maturitas.2014.12.020
- Ostergard, T., Andersen, J. L., Nyholm, B., Lund, S., Nair, K. S., Saltin, B., & Schmitz, O. (2006). Impact of exercise training on insulin sensitivity, physical fitness, and muscle oxidative capacity in first-degree relatives of type 2 diabetic patients. *Am J Physiol Endocrinol Metab, 290*(5), E998-1005. doi: 10.1152/ajpendo.00012.2005
- Ozdirenc, M., Biberoglu, S., & Ozcan, A. (2003). Evaluation of physical fitness in patients with Type 2 diabetes mellitus. *Diabetes Res Clin Pract, 60*(3), 171-176.

- Pedrero-Chamizo, R., Gomez-Cabello, A., Delgado, S., Rodriguez-Llarena, S., Rodriguez-Marroyo, J. A., Cabanillas, E., Gonzalez-Gross, M. (2012). Physical fitness levels among independent non-institutionalized Spanish elderly: the elderly EXERNET multi-center study. *Arch Gerontol Geriatr*, 55(2), 406-416. doi: 10.1016/j.archger.2012.02.004
- Perez-Escamilla, R., Hromi-Fiedler, A., Vega-Lopez, S., Bermudez-Millan, A., & Segura-Perez, S. (2008). Impact of peer nutrition education on dietary behaviors and health outcomes among Latinos: a systematic literature review. *J Nutr Educ Behav*, 40(4), 208-225. doi: 10.1016/j.jneb.2008.03.011
- Peterka, R. J., & Loughlin, P. J. (2004). Dynamic regulation of sensorimotor integration in human postural control. *J Neurophysiol*, 91(1), 410-423. doi: 10.1152/jn.00516.2003
- Petrofsky, J., Lee, S., & Cuneo, M. L. (2005). Gait characteristics in patients with type 2 diabetes; improvement after administration of rosiglitazone. *Med Sci Monit*, 11(6), PI43-51.
- Portney, L. G., & Watkins, M. P. (2009). *Foundations of clinical research: Applications to practice*. Upper Saddle River, N. J: Pearson/Prentice Hall.
- Raimundo, A. (2006). *Influencia de programas de ejercicio físico vibratorio sobre los factores determinantes para las fracturas óseas, función neuromuscular y calidad de vida en mujeres mayores*. Universidad de Extremadura, Cáceres.
- Rasekaba, T., Lee, A. L., Naughton, M. T., Williams, T. J., & Holland, A. E. (2009). The six-minute walk test: a useful metric for the cardiopulmonary patient. *Intern Med J*, 39(8), 495-501. doi: 10.1111/j.1445-5994.2008.01880.x
- Rauch, F., Sievanen, H., Boonen, S., Cardinale, M., Degens, H., Felsenberg, D., . . . Rittweger, J. (2010). Reporting whole-body vibration intervention studies: recommendations of the International Society of Musculoskeletal and Neuronal Interactions. *J Musculoskelet Neuronal Interact*, 10(3), 193-198.
- Rector, R. S., Uptergrove, G. M., Morris, E. M., Borengasser, S. J., Laughlin, M. H., Booth, F. W., . . . Ibdah, J. A. (2011). Daily exercise vs. caloric restriction for prevention of nonalcoholic fatty liver disease in the OLETF rat model. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*, 300(5), G874-883. doi: 10.1152/ajpgi.00510.2010

- Reed-Jones, R. J., Dorgo, S., Hitchings, M. K., & Bader, J. O. (2012). WiiFit Plus balance test scores for the assessment of balance and mobility in older adults. *Gait Posture*, 36(3), 430-433. doi: 10.1016/j.gaitpost.2012.03.027
- Rees, S. S., Murphy, A. J., & Watsford, M. L. (2009). Effects of whole body vibration on postural steadiness in an older population. *J Sci Med Sport*, 12(4), 440-444. doi: 10.1016/j.jsams.2008.02.002
- Ries, J. D., Echternach, J. L., Nof, L., & Gagnon Blodgett, M. (2009). Test-retest reliability and minimal detectable change scores for the timed "up & go" test, the six-minute walk test, and gait speed in people with Alzheimer disease. *Phys Ther*, 89(6), 569-579. doi: 10.2522/ptj.20080258
- Rikli, R., & Jones, J. (1999a). Development and validation of a functional fitness test for community residing older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 7, 129-161.
- Rikli, R., & Jones, J.C. (2001). *Senior Fitness Test Manual (1<sup>st</sup> Ed)*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Rittweger, J. (2010). Vibration as an exercise modality: how it may work, and what its potential might be. *Eur J Appl Physiol*, 108(5), 877-904. doi: 10.1007/s00421-009-1303-3
- Rodríguez, F.A., Gusi, N., Valenzuela, A., Nácher, S., Nogués, J., & Marina, M. (1998). Evaluation of health-related fitness in adults (I): background and protocols of the AFISAL-INEFC battery. *Apunts Educación Física y Deportes*, 52, 54-75.
- Rubin, C., Pope, M., Fritton, J. C., Magnusson, M., Hansson, T., & McLeod, K. (2003). Transmissibility of 15-hertz to 35-hertz vibrations to the human hip and lumbar spine: determining the physiologic feasibility of delivering low-level anabolic mechanical stimuli to skeletal regions at greatest risk of fracture because of osteoporosis. *Spine (Phila Pa 1976)*, 28(23), 2621-2627. doi: 10.1097/01.brs.0000102682.61791.c9
- Ruhe, A., Fejer, R., & Walker, B. (2010). The test-retest reliability of centre of pressure measures in bipedal static task conditions--a systematic review of the literature. *Gait Posture*, 32(4), 436-445. doi: 10.1016/j.gaitpost.2010.09.012

- Ruiz-Ruiz, J., Mesa, J. L., Gutierrez, A., & Castillo, M. J. (2002). Hand size influences optimal grip span in women but not in men. *J Hand Surg Am*, 27(5), 897-901.
- Sacks, D. B., Arnold, M., Bakris, G. L., Bruns, D. E., Horvath, A. R., Kirkman, M. S. Evidence-Based Laboratory Medicine Committee of the American Association for Clinical, Chemistry. (2011). Guidelines and recommendations for laboratory analysis in the diagnosis and management of diabetes mellitus. *Diabetes Care*, 34(6), e61-99. doi: 10.2337/dc11-9998
- Sacks, D. B., Arnold, M., Bakris, G. L., Bruns, D. E., Horvath, A. R., Kirkman, M. S., Nathan, D. M. (2011). Guidelines and recommendations for laboratory analysis in the diagnosis and management of diabetes mellitus. *Clin Chem*, 57(6), e1-e47. doi: 10.1373/clinchem.2010.161596
- Santin-Medeiros, F., & Garatachea Vallejo, N. (2010). [Musculoskeletal effects of vibration training in the elderly]. *Rev Esp Geriatr Gerontol*, 45(5), 281-284. doi: 10.1016/j.regg.2010.04.001
- Sanudo, B., de Hoyo, M., Carrasco, L., McVeigh, J. G., Corral, J., Cabeza, R., Oliva, A. (2010). The effect of 6-week exercise programme and whole body vibration on strength and quality of life in women with fibromyalgia: a randomised study. *Clin Exp Rheumatol*, 28(6 Suppl 63), S40-45.
- Sanudo, B., de Hoyo, M., Carrasco, L., Rodriguez-Blanco, C., Oliva-Pascual-Vaca, A., & McVeigh, J. G. (2012). Effect of whole-body vibration exercise on balance in women with fibromyalgia syndrome: a randomized controlled trial. *J Altern Complement Med*, 18(2), 158-164. doi: 10.1089/acm.2010.0881
- Sayenko, D. G., Masani, K., Alizadeh-Meghbrazi, M., Popovic, M. R., & Craven, B. C. (2010). Acute effects of whole body vibration during passive standing on soleus H-reflex in subjects with and without spinal cord injury. *Neurosci Lett*, 482(1), 66-70. doi: 10.1016/j.neulet.2010.07.009
- Schwingshackl, L., Missbach, B., Dias, S., Konig, J., & Hoffmann, G. (2014). Impact of different training modalities on glycaemic control and blood lipids in patients with type 2 diabetes: a systematic review and network meta-analysis. *Diabetologia*, 57(9), 1789-1797. doi: 10.1007/s00125-014-3303-z
- Segura-Orti, E., & Martinez-Olmos, F. J. (2011). Test-retest reliability and minimal detectable change scores for sit-to-stand-to-sit tests, the six-minute walk test,

- the one-leg heel-rise test, and handgrip strength in people undergoing hemodialysis. *Phys Ther*, 91(8), 1244-1252. doi: 10.2522/ptj.20100141
- Shephard, R. J. (1988). PAR-Q, Canadian Home Fitness Test and exercise screening alternatives. *Sports Med*, 5(3), 185-195.
- Sigal, R. J., Armstrong, M. J., Colby, P., Kenny, G. P., Plotnikoff, R. C., Reichert, S. M., & Riddell, M. C. (2013). Physical activity and diabetes. *Can J Diabetes*, 37 Suppl 1, S40-44. doi: 10.1016/j.jcjd.2013.01.018
- Sitja-Rabert, M., Martinez-Zapata, M. J., Fort Vanmeerhaeghe, A., Rey Abella, F., Romero-Rodriguez, D., & Bonfill, X. (2015). Effects of a Whole Body Vibration (WBV) Exercise Intervention for Institutionalized Older People: A Randomized, Multicentre, Parallel, Clinical Trial. *J Am Med Dir Assoc*, 16(2), 125-131. doi: 10.1016/j.jamda.2014.07.018
- Smeets, R. J., Hijdra, H. J., Kester, A. D., Hitters, M. W., & Knottnerus, J. A. (2006). The usability of six physical performance tasks in a rehabilitation population with chronic low back pain. *Clin Rehabil*, 20(11), 989-997. doi: 10.1177/0269215506070698
- Snyder, P., & Lawson, S. . (1993). Evaluating results using corrected and uncorrected effect size estimates. *Journal of Experimental Education*, 61, 334-349.
- Soriguer, F., Goday, A., Bosch-Comas, A., Bordiu, E., Calle-Pascual, A., Carmena, R., Vendrell, J. (2012). Prevalence of diabetes mellitus and impaired glucose regulation in Spain: the Di@bet.es Study. *Diabetologia*, 55(1), 88-93. doi: 10.1007/s00125-011-2336-9
- Spiliopoulou, S. I., Amiridis, I. G., Tsigganos, G., & Hatzitaki, V. (2013). Side-alternating vibration training for balance and ankle muscle strength in untrained women. *J Athl Train*, 48(5), 590-600. doi: 10.4085/1062-6050-48.4.03
- Spink, M. J., Fotoohabadi, M. R., Wee, E., Hill, K. D., Lord, S. R., & Menz, H. B. (2011). Foot and ankle strength, range of motion, posture, and deformity are associated with balance and functional ability in older adults. *Arch Phys Med Rehabil*, 92(1), 68-75. doi: 10.1016/j.apmr.2010.09.024
- Srikanthan, P., & Karlamangla, A. S. (2011). Relative muscle mass is inversely associated with insulin resistance and prediabetes. Findings from the third

- National Health and Nutrition Examination Survey. *J Clin Endocrinol Metab*, 96(9), 2898-2903. doi: 10.1210/jc.2011-0435
- Steffen, T., & Seney, M. (2008). Test-retest reliability and minimal detectable change on balance and ambulation tests, the 36-item short-form health survey, and the unified Parkinson disease rating scale in people with parkinsonism. *Phys Ther*, 88(6), 733-746. doi: 10.2522/ptj.20070214
- Steinberg, H. O., Brechtel, G., Johnson, A., Fineberg, N., & Baron, A. D. (1994). Insulin-mediated skeletal muscle vasodilation is nitric oxide dependent. A novel action of insulin to increase nitric oxide release. *J Clin Invest*, 94(3), 1172-1179. doi: 10.1172/JCI117433
- Stewart, Arthur Marfell-Jones Mike International Society for Advancement of Kinanthropometry. (2011). *International standards for anthropometric assessment*. Lower Hutt, New Zealand: International Society for the Advancement of Kinanthropometry.
- Suzuki, E., Kashiwagi, A., Nishio, Y., Egawa, K., Shimizu, S., Maegawa, H., Kikkawa, R. (2001). Increased arterial wall stiffness limits flow volume in the lower extremities in type 2 diabetic patients. *Diabetes Care*, 24(12), 2107-2114.
- Tapp, Lauren R., & Signorile, Joseph F. (2014). Efficacy of WBV as a modality for inducing changes in body composition, aerobic fitness, and muscular strength: a pilot study. *Clinical Interventions in Aging*, 9, 63-72. doi: 10.2147/CIA.S30048
- ten Brinke, R., Dekker, N., de Groot, M., & Ikkersheim, D. (2008). Lowering HbA1c in type 2 diabetics results in reduced risk of coronary heart disease and all-cause mortality. *Prim Care Diabetes*, 2(1), 45-49. doi: 10.1016/j.pcd.2007.12.004
- Thomas, D. E., Elliott, E. J., & Naughton, G. A. (2006). Exercise for type 2 diabetes mellitus. *Cochrane Database Syst Rev*(3), CD002968. doi: 10.1002/14651858.CD002968.pub2
- Tomas-Carus, P., Ortega-Alonso, A., Pietilainen, K. H., Santos, V., Goncalves, G., H., H., Raimundo, A. (2015). A randomized controlled trial on the effects of combined aerobic-resistance exercise on muscle strength and fatigue, glycemic

- control and health-related quality of life of type 2 diabetes patients. *J Sports Med Phys Fitness*.
- Torvinen, S., Sievanen, H., Jarvinen, T. A., Pasanen, M., Kontulainen, S., & Kannus, P. (2002). Effect of 4-min vertical whole body vibration on muscle performance and body balance: a randomized cross-over study. *Int J Sports Med*, 23(5), 374-379. doi: 10.1055/s-2002-33148
- Troup, J. D. (1978). Driver's back pain and its prevention. A review of the postural, vibratory and muscular factors, together with the problem of transmitted road-shock. *Appl Ergon*, 9(4), 207-214.
- Vallance, J. K., Eurich, D. T., Lavalley, C. M., & Johnson, S. T. (2012). Physical activity and health-related quality of life among older men: an examination of current physical activity recommendations. *Prev Med*, 54(3-4), 234-236. doi: 10.1016/j.ypmed.2012.01.009
- van Nes, I. J., Latour, H., Schils, F., Meijer, R., van Kuijk, A., & Geurts, A. C. (2006). Long-term effects of 6-week whole-body vibration on balance recovery and activities of daily living in the postacute phase of stroke: a randomized, controlled trial. *Stroke*, 37(9), 2331-2335. doi: 10.1161/01.STR.0000236494.62957.f3
- Verschuere, S. M., Bogaerts, A., Delecluse, C., Claessens, A. L., Haentjens, P., Vanderschuere, D., & Boonen, S. (2011). The effects of whole-body vibration training and vitamin D supplementation on muscle strength, muscle mass, and bone density in institutionalized elderly women: a 6-month randomized, controlled trial. *J Bone Miner Res*, 26(1), 42-49. doi: 10.1002/jbmr.181
- Verschuere, S. M., Roelants, M., Delecluse, C., Swinnen, S., Vanderschuere, D., & Boonen, S. (2004). Effect of 6-month whole body vibration training on hip density, muscle strength, and postural control in postmenopausal women: a randomized controlled pilot study. *J Bone Miner Res*, 19(3), 352-359. doi: 10.1359/JBMR.0301245
- Vissers, D., Verrijken, A., Mertens, I., Van Gils, C., Van de Sompel, A., Truijen, S., & Van Gaal, L. (2010). Effect of long-term whole body vibration training on visceral adipose tissue: a preliminary report. *Obes Facts*, 3(2), 93-100. doi: 10.1159/000301785

- Volpato, S., Bianchi, L., Lauretani, F., Lauretani, F., Bandinelli, S., Guralnik, J. M., Ferrucci, L. (2012). Role of muscle mass and muscle quality in the association between diabetes and gait speed. *Diabetes Care*, 35(8), 1672-1679. doi: 10.2337/dc11-2202
- von Stengel, S., Kemmler, W., Engelke, K., & Kalender, W. A. (2012). Effect of whole-body vibration on neuromuscular performance and body composition for females 65 years and older: a randomized-controlled trial. *Scand J Med Sci Sports*, 22(1), 119-127. doi: 10.1111/j.1600-0838.2010.01126.x
- Walter, S. D., Eliasziw, M., & Donner, A. (1998). Sample size and optimal designs for reliability studies. *Stat Med*, 17(1), 101-110.
- Wandell, P. E. (2005). Quality of life of patients with diabetes mellitus. An overview of research in primary health care in the Nordic countries. *Scand J Prim Health Care*, 23(2), 68-74. doi: 10.1080/02813430510015296
- Wild, Sarah, Roglic, Gojka, Green, Anders, Sicree, Richard, & King, Hilary. (2004). Global Prevalence of Diabetes: Estimates for the year 2000 and projections for 2030. *Diabetes Care*, 27(5), 1047-1053. doi: 10.2337/diacare.27.5.1047
- Yang, Z., Scott, C. A., Mao, C., Tang, J., & Farmer, A. J. (2014). Resistance exercise versus aerobic exercise for type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*, 44(4), 487-499. doi: 10.1007/s40279-013-0128-8
- Young, W., Ferguson, S., Brault, S., & Craig, C. (2011). Assessing and training standing balance in older adults: a novel approach using the 'Nintendo Wii' Balance Board. *Gait Posture*, 33(2), 303-305. doi: 10.1016/j.gaitpost.2010.10.089
- Zanuso, S., Jimenez, A., Pugliese, G., Corigliano, G., & Balducci, S. (2010). Exercise for the management of type 2 diabetes: a review of the evidence. *Acta Diabetol*, 47(1), 15-22. doi: 10.1007/s00592-009-0126-3

**ANEXOS**



**Comité Ético**





A quien pueda interesar:

El Comité Ético de Experimentación de la Universidad de Sevilla, habiendo examinado el Proyecto "Entrenamiento vibratorio en pacientes con diabetes Mellitas Tipo 2 tratados en atención primaria: un estudio piloto en el centro de salud "Los Bermejales" presentado por D. Borja de Pozo Cruz emite el siguiente informe,

El proyecto cumple los requisitos exigidos para experimentación en sujetos humanos y en animales, y se ajusta a las normativas vigentes en España y en la Unión Europea.

Sevilla, a 23 de junio de 2012.

EL PRESIDENTE DEL COMITE.

Fdo.: Prof. Dr. Fernando Rodríguez Fernández.



