



TRABAJO FIN DE MASTER EN RENDIMIENTO DEPORTIVO Y SALUD

CURSO 2015/16

Efecto de un programa de entrenamiento sobre control postural y la fuerza de la cadera en el adulto mayor.

AUTOR: Bernardo José Cuestas Calero

TUTOR ACADÉMICO: Francisco J. Vera García

TUTOR PROFESIONAL: Francisco David Barbado Murillo

CO-TUTOR: Javier Alonso Álvarez



Resumen

Las caídas son un grave problema para las personas mayores por su alta tasa de morbilidad y mortalidad. El déficit de equilibrio es uno de los factores de riesgo más importantes, por lo que la realización de ejercicio físico puede ser eficaz para reducir la probabilidad de riesgo de caídas en las personas mayores. Intervenciones basadas en el trabajo de fuerza de cadera y equilibrio han demostrado ser eficaces para reducir el riesgo de caídas. Por otro lado, aunque la estabilidad del tronco y la fuerza de los músculos de la cadera podrían ser factores determinantes para la mejora del equilibrio corporal, son escasos los estudios que han analizado los efectos del entrenamiento de la estabilidad del tronco y la fuerza de la musculatura de la cadera sobre el equilibrio corporal general. El objetivo de nuestro estudio fue analizar el efecto de un programa de entrenamiento abdominal sobre la estabilidad del tronco, el equilibrio corporal general y la fuerza de cadera en personas mayores de 55 años. Se llevó a cabo un entrenamiento donde se realizaron ejercicios específicos para la mejora de la estabilidad del tronco (perro de muestra, puente lateral, puente ventral, puente dorsal y equilibrio sentado) dos veces por semana durante un periodo de 3 meses. Para evaluar la estabilidad del tronco se utilizó el paradigma del asiento inestable, el equilibrio general corporal mediante una prueba en posición tándem y la fuerza de aductores y abductores de la cadera con un dinamómetro manual isométrico. Se realizaron tres evaluaciones, dos antes de la intervención y otra al finalizar el programa de entrenamiento.

Palabras clave: control postural, tercera edad, ejercicio, core.

Introducción

El incremento de la esperanza de vida y la baja natalidad, está generando un aumento del envejecimiento de la población. En España, la población mayor de 65 años se sitúa en el 18.2% (Instituto Nacional de Estadística-NIE, 2014); es decir, alrededor de una quinta parte de la población total. El proceso de envejecimiento está ligado a un deterioro de aspectos físicos y psicosociales que incrementan el riesgo de caídas (Albertsen, Temprado, Berton & Heuer 2014; Cruz-Díaz et al., 2015; Duclos, Maynard, Abbas & Mesure 2013; Hatzitaki, Amiridis & Arabatzi, 2005; Lee, Chen & Aurin, 2015; Tsai, Hsieh & Yang, 2014). En este sentido, la población mayor tiene una alta prevalencia de caídas, ya que un 38% de la población mayor de 65 años ha sufrido alguna caída en el último año (Berry & Miller, 2008; OMS, 2012; Pujiula, Quesada-Sabate & Grupo APOC-ABS, 2003; Rose, 2002; Varas-Fabra et al., 2006). Además, las caídas pueden producir hemorragias y fracturas pudiendo tener consecuencias fatales (Callis, 2016), siendo una de las causas más comunes de muerte y pérdida de calidad de vida en personas mayores de 65 años (Rose, 2002; Sampedro, Meléndez & Ruíz, 2010).

Existe una gran variedad de factores intrínsecos y extrínsecos relacionados con las caídas en el adulto mayor, tales como el equilibrio, el sexo, las alteraciones de la visión y la audición, la atrofia muscular, la osteoporosis, la ingesta de ciertos medicamentos, el uso de calzado inapropiado, etc. (Callis, 2016; Granacher, Gollhofer, Hortobágyi, Kressig & Muehlbauer, 2013a; Leavy, Byberg, Michaëlsson, Melhus & Aberg 2015; Merlo et al., 2012). De todos ellos, el equilibrio es uno de los que ha recibido mayor atención por parte de los investigadores (Gimmon et al., 2015), ya que ha

mostrado una gran relación con el incremento de la probabilidad de padecer caídas en las personas mayores (Lord, Clark & Webster, 1991). En este sentido, se estima que entre un 10% y un 25% de todas las caídas en esta población están asociadas a un pobre equilibrio y anomalías en la marcha (Nelson & Amin, 1990; Shumway-Cook, Gruber, Baldwin & Liao, 1997). Aunque existen muchas variables que pueden afectar al equilibrio general en diversas acciones y tareas de la vida diaria, la debilidad muscular de los miembros inferiores (Orr, 2010) y los bajos niveles de fuerza y estabilidad del tronco (Granacher, et al., 2013a; van Dieën, Koppes & Twisk, 2010b) podrían ser relevantes en este sentido.

Por una parte, algunos trabajos basados en el entrenamiento de la fuerza han demostrado ser eficaces para reducir el riesgo de caídas (Gill et al., 2016; Granacher, Zahner & Gollhofer, 2008; Granacher, Muehlbauer & Gruber, 2012), aunque el entrenamiento de la potencia muscular podría ser más efectivo en este sentido (Bean et al. 2002; Granacher, Muehlbauer, Zahner, Gollhofer & Kressig, 2011; Izquierdo, Aguado, Gonzalez, Lopez & Häkkinen, 1999; Pamukoff et al., 2014; Rice & Koeogh, 2009). Más específicamente, la fuerza de la musculatura de la cadera ha sido relacionada con una mejora en el equilibrio, ya que su correcta función juega un papel importante durante la marcha (Dominguez-Carrillo, Arellano-Aguilar & Leos-Zierold, 2007; Graham, Carty, Lloyd & Barret, 2015; Hilliard et al., 2008; Lord et al., 1996). Así, la fatiga de la musculatura abductora de la cadera podría provocar alteraciones coordinativas durante la marcha (Arvin et al. 2015) que podrían derivar en una pérdida de equilibrio. Algunos estudios en la población mayor reportan mejoras en el equilibrio tras el entrenamiento de fuerza de los músculos de la cadera.

Irez, Evin, Irez & Korkusuz (2011) encontraron una mejora del equilibrio evaluado en plataforma de fuerzas tras 12 semanas de entrenamiento con ejercicios de Pilates donde se entrenaba la fuerza de la musculatura de la cadera. Por su parte, Morcelli et al. (2016) comprobaron en mujeres mayores de 65 años que aquellas que habían sufrido alguna caída durante el año anterior tenían menor fuerza en la musculatura abductora de la cadera que las que no habían sufrido caídas. Por otro lado en el estudio de Marques et al. (2013), se observó, que en mujeres mayores de 60 años aquellas que habían sufrido alguna caída durante el año activaban con mayor intensidad los músculos de la cadera. Asimismo, El Mohsen, El Gaffar, Nassif & Elhafez (2016) encontraron en mujeres osteopénicas mayores de 50 años una mejora del equilibrio dinámico tras 6 semanas de entrenamiento de fuerza de la musculatura de la cadera realizado 5 veces por semana y evaluado con la Berg Balance Scale. En los adultos jóvenes también se han encontrado resultados similares; por ejemplo, Jeong, Reilly, Morton, Bae & Drust (2015) observaron que, tras un entrenamiento de la fuerza de la musculatura extensora de la cadera en jugadores de fútbol profesional, se mejoraba el equilibrio medido en una plataforma de fuerzas.

Por otro lado, dado que la parte superior del cuerpo constituye alrededor de dos terceras partes del peso corporal total (McConville, Clauser, Churchill, Cuzzi & Kaleps, 1980) y que, generalmente, esta masa se encuentra elevada con relación al suelo, la estabilidad del tronco (Vera-Garcia et al., 2015) podría considerarse un factor importante en el equilibrio general (Zazulak Cholewicki, & Reeves, 2008). Asimismo, se ha demostrado que los músculos del abdomen son los primeros en activarse durante el movimiento de las extremidades para

controlar la postura corporal (Bouisset & Zattara, 1981; Hodges & Richardson, 1997), por lo que una limitada capacidad para mantener o retomar la posición del tronco durante la marcha y las actividades de la vida diaria puede incrementar el riesgo de perder el equilibrio (Goldberg, Hernandez & Alexander, 2005).

Son varios los estudios que han encontrado mejoras en el equilibrio tras un entrenamiento del tronco en la población mayor. Por una parte, Granacher, Lacroix, Muehlbauer, Roettger & Gollhofer (2013b), encontraron una mejora del equilibrio dinámico en esta población tras 9 semanas realizando ejercicios de estabilidad de tronco. En esta línea, Ko, Jung & Jeong (2014) hallaron una mejora del equilibrio dinámico valorado con la escala POMA tras 6 semanas de entrenamiento de estabilidad del tronco. Asimismo, Kang (2015), tras 8 semanas de entrenamiento de estabilidad del tronco con una frecuencia de 5 veces por semana, encontró una mejora en el equilibrio dinámico evaluado sobre una plataforma de fuerzas. Por otra parte, los estudios que han analizado cómo afecta el entrenamiento del tronco sobre el equilibrio en adultos jóvenes observan similares resultados. Así, Carpes, Reinehr & Bolli (2008), después de un entrenamiento de 20 sesiones de fuerza y estabilidad del tronco realizado 3 veces por semana durante 7 semanas en adultos jóvenes sanos, encontraron una mejora en el equilibrio dinámico (anteroposterior y mediolateral) en apoyo monopodal y bípodal.

Los resultados obtenidos en estudios correlacionales apoyan los obtenidos por los estudios experimentales presentados en el párrafo anterior. Así, Goldberg et al. (2005) hallaron una relación positiva y significativa entre el control del tronco ante desequilibrios y la fuerza de los miembros inferiores ($r =$

0.63-0.76). Resultados similares se han encontrado en estudios previos realizados en nuestro laboratorio, donde en mujeres adultas jóvenes sanas se halló una correlación positiva y significativa ($r = 0.69-0.79$, $p = < 0.05$) entre la estabilidad del tronco en sedestación y el equilibrio de pie en apoyo tándem (Alonso-Álvarez, Moreno-Navarro, López-Elvira, Barbado & Vera-Garcia, 2016).

En base, a la información existente en la literatura, la estabilidad del tronco podría jugar un papel importante sobre el equilibrio general en personas mayores. Sin embargo, la evidencia es limitada en este sentido. El objetivo de este estudio fue analizar el efecto de un entrenamiento complementario de la estabilidad del tronco, dentro de un programa de entrenamiento de la condición física general, sobre la estabilidad del tronco, el equilibrio general y la fuerza de la musculatura de la cadera en personas mayores.

Método

Participantes

En el estudio participaron 25 adultos mayores de 55 años: 15 mujeres y 10 hombres (Tabla 1) que pertenecían a un programa integral de la Universidad Miguel Hernández de Elche para la promoción del envejecimiento activo y saludable en personas mayores (SABIEX). Los criterios de inclusión fueron: a) tener entre 55 y 85 años; b) no padecer alteraciones raquídeas o dolor lumbar durante el registro de los datos o en los doce meses previos al mismo; c) no haber sido sometido a cirugía raquídea o de cadera; d) no padecer enfermedades musculoesqueléticas, neurológicas u ortopédicas que pudiesen afectar a la capacidad para realizar las pruebas; e) ser capaz de andar de forma independiente sin asistencia ortopédica; y f) no haber realizado con

anterioridad ninguno de los test incluidos en el estudio. Todos ellos firmaron un consentimiento informado (Declaración de Helsinki de 2008).

Tabla 1

Características de los participantes en el estudio.

	Mujeres n=15	Hombres n=10
Edad (años)	65.0 ± 5.9	66.7 ± 3.8
Peso corporal inicial (kg)	65.3 ± 12.2	75.4 ± 6.6
Peso corporal final (kg)	65.0 ± 11.6	74.7 ± 6.8
Altura (cm)	155.0 ± 6.0	167.0 ± 4.0

Nota. Los valores representan a la media ± desviación estándar.

Diseño del estudio

Los participantes fueron divididos en dos grupos de intervención, uno que realizó un entrenamiento general de la condición física (EG) y otro que, además, realizó un entrenamiento de la estabilidad del tronco (ET).

Se realizaron tres sesiones de registro, dos antes de la intervención (test 1 y test 2) con el objeto de conocer el nivel inicial de los participantes y otra sesión (postest) tras el periodo de entrenamiento para conocer el efecto de la intervención. Entre test 1 y test 2, se dejó una semana de separación con el objetivo de reducir el efecto de aprendizaje de los test. En todas las sesiones de evaluación se midió la estabilidad del tronco y el equilibrio general. Además, en las sesiones test 2 y postest se midió también la fuerza de los músculos abductores y aductores de la cadera.

Para la valoración de la estabilidad del tronco se utilizó el paradigma del asiento inestable (Reeves, Everding & Cholewicki, 2006; Van Dieën, Koppes, & Twisk, 2010a, 2010b). Asimismo, para valorar el equilibrio corporal general se realizó un test en apoyo bipodal en posición de tándem. Ambos test se realizaron sobre una plataforma de fuerzas Kistler (Switzerland, Model 9286AA). Por último, para valorar la fuerza máxima de la musculatura de la cadera, se utilizó un dinamómetro isométrico manual Lafayette (USA, Model 01165).

Programa de entrenamiento

El programa de entrenamiento tuvo una duración de 15 semanas, con 12 semanas de entrenamiento real y tres semanas de descanso por período vacacional. Las sesiones se llevaron a cabo en el pabellón deportivo de la Universidad Miguel Hernández de Elche, con una frecuencia de 2 días/semana y 1 h de duración cada sesión. En ambos grupos (EG y ET) se comenzaron las sesiones con un calentamiento de 10 min y se continuó con una parte principal de 35-40 min, donde se entrenaron múltiples componentes de la condición física (resistencia, fuerza, coordinación, equilibrio y agilidad, principalmente) con el uso de diverso material de fitness (pelotas de gimnasia, pelotas suizas, gomas elásticas, BOSU®, etc.). Por último, en los 10-15 min finales, el grupo EG realizó estiramientos (5 min) y ejercicios de relajación (10 min). Por otra parte, el grupo ET realizó 5 ejercicios específicos para el entrenamiento de la estabilidad del tronco (10 min), además de estiramientos (5 min). (Figura 1). Los ejercicios empleados para el entrenamiento del tronco fueron los siguientes (organizados por nivel de dificultad):

- Perro de muestra (García-Vaquero, Moreside, Brotons-Gil, Peco-González & Vera-Garcia, 2012):

Nivel 1: Levanta los brazos de forma alterna sin rotar la pelvis y el tórax.

Nivel 2: Levanta las piernas de forma alterna sin rotar la pelvis y el tórax.

Nivel 3: Levanta pierna y brazo de forma alterna sin rotar la pelvis y el tórax.

Nivel 4: Levanta pierna y brazo de forma alterna sin rotar la pelvis y el tórax.

- Puente lateral (García-Vaquero et al., 2012):

Nivel 1: Realiza el puente lateral corto (con rodillas flexionadas).

Nivel 2: Realiza el puente lateral corto elevando la pierna que queda arriba con la rodilla flexionada.

Nivel 3: Realiza el puente lateral largo pasando el pie de la pierna que queda arriba por delante.

Nivel 4: Realiza el puente lateral largo elevando la pierna que queda arriba.

- Puente frontal (García-Vaquero et al., 2012):

Nivel 1: Realiza el puente frontal corto con apoyo sobre las rodillas.

Nivel 2: Realiza el puente frontal corto apoyando sólo una rodilla.

Nivel 3: Realiza el puente frontal largo (sin apoyar rodillas).

Nivel 4: Realiza el puente frontal largo en apoyo monopodal.

- Puente dorsal (García-Vaquero et al., 2012):

Nivel 1: Mantiene la pelvis elevada y alineada con los muslos.

Nivel 2: A partir de la posición anterior, eleva una pierna sin rotar la pelvis.

Nivel 3: A partir de la posición anterior, eleva piernas alternativamente y mantiene la pelvis alineada (sin rotar).

Nivel 4: A partir de la posición anterior, eleva y mueve hacia los lados las piernas alternativamente y mantiene la pelvis estable, sin movimiento.

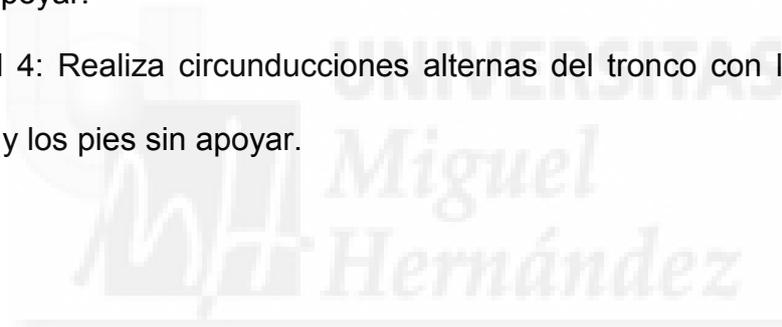
- Equilibrio sentado:

Nivel 1: Inclina el tronco hacia los lados con los brazos en cruz y los pies apoyados.

Nivel 2: Inclina el tronco hacia los lados con los brazos en cruz y un pie encima del otro.

Nivel 3: Inclina el tronco hacia los lados con los brazos en cruz y los pies sin apoyar.

Nivel 4: Realiza circunducciones alternas del tronco con los brazos en cruz y los pies sin apoyar.



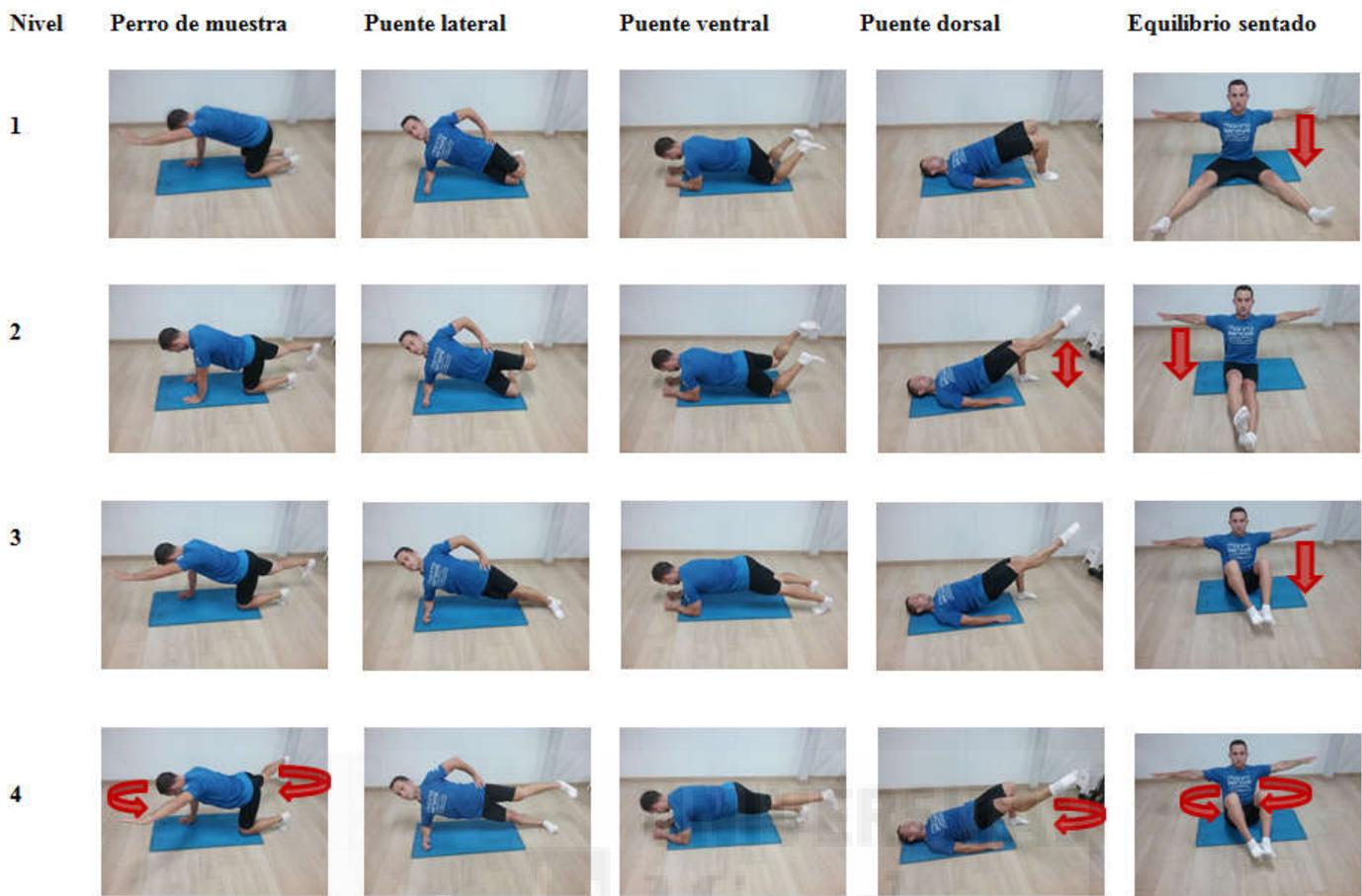


Figura 1. Ejercicios de estabilización del tronco organizados de menor a mayor dificultad (de nivel 1 a nivel 4).

En la primera sesión del programa de entrenamiento se realizó una evaluación cualitativa a los participantes del grupo ET para valorar la técnica general y el control del tronco que tenían durante la ejecución de los ejercicios de estabilidad del tronco. El resultado de esta evaluación fue el establecimiento del nivel de dificultad (1, 2, 3 ó 4) en el que debía situarse cada participante al realizar cada uno de los 5 ejercicios referidos. De este modo, durante las sesiones posteriores cada participante pudo ejecutar cada ejercicio a un nivel de dificultad individualizado y basado en el control mostrado durante la sesión de evaluación. Se realizaron 2 series de 5 repeticiones para los ejercicios perro de muestra y equilibrio sentado. Asimismo, en los ejercicios puente lateral,

punteo frontal y punteo dorsal se comenzaron realizando 2 series de 8 s y cada semana se aumentó la duración de los ejercicios 2 s hasta llegar a realizar 16 s en total. En todos los ejercicios se realizó un descanso de 30 s entre series. Durante el periodo de entrenamiento la dificultad de los ejercicios se fue ajustando a la mejora de los participantes para garantizar que siempre realizaban ejercicios que les suponían un reto al control postural.

Evaluación de la estabilidad del tronco

Los participantes se sentaron sobre un asiento con una base inestable apoyada directamente sobre la plataforma de fuerzas (Figura 2), donde ésta registraba el desplazamiento del centro de presiones (CoP) durante la prueba. Los pies de los participantes se ajustaron en un reposapiés de madera solidario al asiento para mantener en todos ellos una flexión de ambas rodillas de 90°. La plataforma de fuerzas fue calibrada antes de la prueba y se utilizó una frecuencia de muestreo de 1000 Hz. A los participantes se les proporcionó información visual de su CoP (círculo amarillo proyectado en tiempo real sobre una pantalla situada a 3.5 m de distancia; ver Figura 3) y del desplazamiento de un punto criterio (PC) (círculo rojo proyectado sobre la pantalla; ver Figura 3). Para mayor información sobre el material y dispositivos utilizados en este test ver Juan-Recio et al. (2013).



Figura 2. Test de control postural de tronco en sedestación.



Figura 3. Imagen del software proyectado frente al participante para proporcionar información visual del desplazamiento del centro de presiones (círculo amarillo) y para retar la capacidad de ajustar la posición del centro de presiones a un punto criterio (círculo rojo) que se desplazaba describiendo una trayectoria circular.

Durante el desarrollo la prueba, los participantes se sentaron sobre el asiento inestable y, con los brazos cruzados a la altura del pecho, realizaban movimientos circulares mediante el movimiento del tronco, donde tenían como objetivo situar en la pantalla su CoP lo más cerca posible del PC, que se desplazaba con una trayectoria circular. La postura de la columna no fue controlada durante los registros. Se realizaron cinco repeticiones de 70 s de duración y con un descanso de 60 s entre repeticiones. Además, la prueba se realizó en una sala sin ruido, con buena iluminación y de acceso restringido. Como ninguno de los participantes había realizado previamente un test de estas características, antes de comenzar el test se les permitió realizar la prueba durante 20 s para que se familiarizaran con el asiento y el protocolo.

Evaluación del equilibrio general

En esta tarea, los participantes se colocaron sobre el centro de la plataforma de fuerzas, en apoyo bipodal y en posición de tándem, donde el pie dominante se situó justo delante del pie no dominante (Figura 4). Asimismo, ambos pies estaban alineados y la punta del pie no dominante estaba en contacto en todo momento con el talón del pie no dominante. A los participantes, de forma similar al anterior test, también se les proporcionó feedback visual de su CoP y del PC, proyectados sobre la pantalla frente a ellos (Figura 4). El PC realizaba una trayectoria ascendente y descendente por la pantalla donde, en este caso, los participantes debían realizar, sin separar los pies, un desplazamiento pendular anterior-posterior con el cuerpo para mantener el CoP lo más cerca posible del PC. La prueba fue igualmente realizada sobre una plataforma de fuerzas que fue calibrada antes de la tarea y registraba el desplazamiento del CoP durante la medición. Cada participante

realizó 4 repeticiones de la tarea. La duración de las repeticiones fue de 70 s con descansos de 1 min entre repeticiones. Al igual que la prueba anterior, ésta también se realizó en una sala sin ruido, con buena iluminación y de acceso restringido.



Figura 4. Test de equilibrio corporal en apoyo tándem.

Evaluación de la fuerza de la cadera

Para evaluar la fuerza máxima aductora y abductora de la cadera dominante y no dominante de cada participante se utilizó un dinamómetro manual portable Lafayette . El dinamómetro fue calibrado antes de comenzar el test y el protocolo utilizado para evaluar la fuerza máxima fue similar al descrito

por Thorborg et al. (2010). Brevemente, los participantes se colocaban sobre una camilla con las manos agarradas a los lados de ésta y manteniendo las piernas extendidas. El investigador colocó el dinamómetro en una posición fija y a 5 cm por encima del maléolo lateral (abducción) y medial (aducción) (Figura 5). El participante realizó una contracción voluntaria isométrica máxima de 5 s contra el dinamómetro. Se realizaron 4 repeticiones en cada pierna para las valoraciones de fuerza de abductores y fuerza de aductores, dejando 30 s de descanso entre repeticiones.



Figura 5. Test de fuerza de abductores y aductores de cadera. En esta imagen aparece un participante durante la ejecución de la prueba en la dirección de la abducción.

Análisis de Datos

Para examinar tanto la estabilidad del tronco en sedestación como el equilibrio en posición tándem la señal del CoP fue filtrada mediante un filtro de

paso bajo Butterworth de segundo orden con una frecuencia de 5 Hz y posteriormente interpolada a 100 Hz (Rhea et al., 2011). Se eliminaron los primeros 10 s de registro de cada repetición, puesto que al inicio de este tipo de pruebas la señal no suele ser estacionaria (Van Dieën et al., 2010b). Para determinar el control postural (tanto en sedestación como en posición tándem) se analizó el error radial medio (mm) y el camino recorrido (mm/s) del CoP respecto al PC con un software creado “ad hoc” en LabView 9.0. (National Instruments, Austin, TX). Para cada test, se analizaron todas las repeticiones y se eligió la media de las tres mejores (menor error) para el análisis estadístico.

En el test de fuerza se analizaron las 4 repeticiones realizadas en cada sentido (abducción y aducción) y pierna (dominante y no dominante), seleccionando para el análisis estadístico el mayor valor de fuerza isométrica de abductores y aductores obtenido en cada pierna.

Análisis estadístico

Se calcularon los datos estadísticos descriptivos (media y desviación estándar) de para una de las variables. Se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Cuando las variables mostraron una distribución normal, se realizó un ANOVA de medidas repetidas para valorar el efecto de la intervención. En el caso de encontrar diferencias, se realizó una comparación por pares con el test post hoc de Bonferroni. En las variables que no mostraron una distribución normal se realizó la prueba no paramétrica de Friedman. El análisis estadístico de los datos se realizó con el programa SPSS (versión 18.0 for Windows 7; SPSS inc., Chicago, IL, USA.).

También se calculó el tamaño del efecto para determinar la magnitud de las diferencias después de la intervención, utilizando el método previamente descrito por Hopkins (2000) y Hopkins, Marshall, Batterham & Hanin (2009). Se asignaron los siguientes descriptores del tamaño del efecto: 0.2, pequeño; 0.6, moderado; 1.2, grande; 2.0, muy grande; >4.0 casi perfecto.

Bibliografía

Albertsen, I.M., Temprado, J.J. Berton, E., & Herbert, H. (2014). Effect of hepatic supplementation on postural control of younger and older adults in an unstable sitting task. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 24(4), 572.-578.

Alonso-Alvarez, Moreno-Navarro, P., Elvira, J.L.L., Barbado, D. y Vera-García, F.J. (Abril, 2016). Relación entre estabilidad del tronco, fuerza de cadera y equilibrio corporal general en personas mayores. En J.M. García, B. Calvo y R. Mora, (Ed.), Libro de Actas IX Congreso Internacional de la Asociación Española de Ciencias del deporte (Póster). Cuenca, España: Ediciones de la Universidad Castilla La Mancha.

Arvin, M., Hoozemans, M.J., Burger, B.J., Rispens, S.M., Verschueren, S.M., Van Dieën, J.H. & Pijnapples, M. (2015). Effects of hip abductor muscle fatigue on gait control and hip position sense in healthy older adults. *Gait Posture*, 42(2), 545-549.

Bean, J.F., Kiely, D.K., Herman, S., Leveille, S. G., Mizer, K., Frontera, W. R. & Fielding, R. A. (2002). The Relationship Between Leg Power and Physical Performance in Mobility-Limited Older People. *Journal of the American Geriatrics Society*, 50(3), 461-467.

- Berry, S.D. & Miller, R. (2008). Falls: Epidemiology, Pathophysiology, and Relationship to Fracture. *Current Osteoporosis Reports*, 6(4), 149.-154.
- Bouisset, B. & Zattara, M. (1981). A sequence of postural movements precedes voluntary movements. *Neuroscience Letters*, 22(3), 263-270.
- Callis, N. (2016). Falls prevention: Identification of predictive fall risk factors. *Applied Nursing Research*, 29(1), 53.-58.
- Carpes, F.P., Reinehr, F.B. & Mota, C.B. (2008). Effect of a program for trunk strength and stability on pain, low back and pelvis kinematics, and body balance: A pilot study. *Journal of Bodywork and movement Therapies*, 12(1), 22-30.
- Cruz-Díaz, D., Martínez-Amat, A., De la Torre-Cruz, M. J., Casuso, R. A., de Guevara L. M., & Hita-Contreras, F. (2015). Effects of a six-week Pilates intervention on balance and fear of falling in women aged over 65 with chronic low-back pain: A randomized controlled trial. *Maturitas*, 82(4), 371.-376.
- Dominguez-Carrillo, Arellano-Aguilar & Leos-Zierold. (2007). Tiempo unipodal y caídas en el anciano. *Cirugía y Cirujanos*, 75(2), 107-112.
- Duclos, N.C., Maynard, L., Djawad, A. & Mesures S. (2013). Effects of aging in postural strategies during a seated auto-stabilization task. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23(4), 807.-813.
- El Mohsen, A.M., El Gaffar, H.E., Nassif, N.S. & Elafhez G.M. (2016). The weight-bearing exercise for better balance program improves strength

and balance in osteopenia: a randomized controlled trial. *Journal of Physical Therapy Science*, 28(9), 2576-2580.

García-Vaquero, M. P., Moreside, J. M., Brontons-Gil, E., Peco-González, N. & Vera-Garcia, F. J. (2012). Trunk muscle activation during stabilization exercises with single and double leg support. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(3), 398-406.

Gill, T. M., Pahor, M., Guralnik, J.M., McDermott, M.M., King, A. C., Buford, T. W., Strotmeyer, E. S., Nelson, M. E., Sink, K. M., Demons, J. L., Kashaf, S. S., Walkup, M. P. & Miller, M.E. (2016). Effect of structured physical activity on prevention of serious fall injuries in adults aged 70-89: randomized clinical trial (LIFE Study). *BMJ research*. 352(i245), 1.-7. Recuperado de <http://www.bmj.com>.

Gimmon, Y., Riemer, R., Rashed, H., Shaoiro, A., Debi, R., Kurz, I. & Melzer, I. (2015). Age-Related differences in pelvic and trunk motion and gait adaptability at different walking speeds. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 25(5), 791.-799.

Goldberg, A., Hernandez, M.E. & Alexander, N.B. (2005). Trunk Repositioning Errors Are Increased in Balance-Impaired Older Adults. *Journal of Gerontology*, 60A(10), 1310-1314.

Graham, D.F., Carty, C.P., Lloyd, D.G. & Barrett, R.S. (2015). Biomechanical predictors of maximal balance recovery performance amongst community-dwelling older adults. *Experimental Gerontology*, 66(1), 39-46.

- Granacher, U., Gollhofer, A., Hortobágyi, T., Kressig, R.W. & Muehlbauer, T. (2013a). The importance of trunk muscle strength for balance, functional performance, and fall prevention in seniors: a systematic review. *Sports Medicine*, 43(7), 627.-641.
- Granacher, U., Lacroix, A., Muehlbauer, T., Roettger, K. & Gollhofer, A. (2013b). Effects of core instability strength training on trunk muscle strength, spinal mobility, Dynamic balance and functional mobility in older adults. *Geontology*, 59(2), 105-113.
- Granacher, U., Muehlbauer, T. & Gruber, M. (2012). A Qualitative Review of Balance and Strength Performance in Healthy Older Adults: Impact for Testing and Training. *Journal of Aging Research*, 2012(2012), 1-16. Recuperado de <http://www.hindawi.com>.
- Granacher, U., Muehlbauer, T., Zahner, L., Gollhofer, A. & Kressig, R.W. (2011). Comparison of Traditional and Recent Approaches in the Promotion of Balance and Strngth in Older Adults. *Sports Medicine*, 41(5), 377-400.
- Granacher, U., Zahner, L., & Gollhofer, A. (2008). Strength, power, and postural control in seniors: Considerations for functional adaptations and for fall prevention. *European Journal of Sport Science*, 8(6), 325-340.
- Hatzitaki, V., Amiridis, I.G., & Arabatzi, F. (2005). Aging effects on postural responses to self-imposed balance perturbations. *Gait & Posture*, 22(3), 250.-257.

- Hilliard, M.J., Martinez, K.M., Janssen, I., Edwards, B., Mille, M.L., Zhang, Y. & Rogers, M.W. (2008). Lateral balance factors predict future falls in community-living older adults. *Archives of Physical medicine and rehabilitation*, 89(9), 1708-1713.
- Hodges, P.W. & Richardson, C.A. (1997). Contraction of the Abdominal Muscles Associated With Movements of the Lower Limb. *Physical therapy*, 77(2), 132-144.
- Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med*, 30(1), 1-15.
- Hopkins, W., Marshall, S., Batterham, A., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3-13.
- Instituto Nacional de Estadística. (2014). Proyección de la población de España 2014-2064. Instituto Nacional de Estadística INE, [notas de prensa]. Recuperado de <http://www.ine.es/prensa/prensa/htm>.
- Irez, G.B., Ozdemir, R.A., Evin, R., Irez, S.G. & Korkusuz, F. (2011). Integrating Pilates exercise into an exercise program for 65+ year-old women to reduce falls. *Journal of Sports Science & Medicine*, 10(1), 105-111.
- Izquierdo, M., Aguado, X., Gonzalez, R., Lopez, J. L. & Häkkinen, K. (1999). Maximal and explosive force production capacity and balance performance in men of different ages. *European Journal of Applied Physiology and occupational Physiology*, 79(3), 260-267.

- Jeong, T.S., Reilly, T., Morton, J., Bae, S.W. & Drust, B. (2011). Quantification of the physiological loading of one week of “pre-season” and one week of “in-season” training in professional soccer players. *Journal of sports science*, 29(11), 1161-1166.
- Juan-Recio, C., Barbado, D., López-Valenciano, A., López-Plaza, D., Montero-Carretero, C. & Vera-Garcia, F.J. (2013). Condición muscular y estabilidad del tronco en judocas de nivel nacional e internacional. *Revista de Artes Marciales Asiáticas*, 8(2), 451-465.
- Kang, K.Y. (2015). Effects of core muscle stability training on the weight distribution and stability of the elderly. *Journal of Physical therapy Science*, (27),10, 3163-3165.
- Ko D.S., Jung, D.I., & Jeong, M.A. (2014). Analysis of Core Stability Exercise Effect on the Physical and Psychological Function of Elderly Women Vulnerable to Falls during Obstacle Negotiation. *Journal of Physical therapy Science*, 26(11), 1697.-1700.
- Leavy, B., Byberg, L., Michaëlsson, K., Melhus, H. & Aberg, A. C. (2015). The fall descriptions and health characteristics of older adults with hip fracture: a mixed methods study. *BMC Geriatrics*, 15(40), 1.-11. Recuperado de <http://bmcgeriatr.biomedcentral.com>.
- Lee, Y.J., Chen, B., & Aruin, A. (2015). Older adults utilize less postural control when performing pushing task. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 25(6), 966.-972.

- Lord, S.R., Clark, R.D., & Webster, I.W. (1991). Postural stability and associated physiological factors in a population of aged persons. *Journal of gerontology*, 46(3), M69-M76.
- Lord, S.R., Lloyd, D.G, Nirui, M., Raymond, J., Williams, P. & Stewart, R.A. (1996). The Effect of Exercise on Gait Patterns in Older Women: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Gerontology*, 51A(2), 64-70.
- Marques, N.R., LaRoche, D.P., Hallal, C.Z., Crozara, L.F., Morcelli, M.H., Karuka, A.H., Navega, M.T. & Gonçalves, M. (2013). Association between energy cost of walking, muscle activation, and biomechanical parameters in older female fallers and non-fallers. *Clinical Biomechanics*, 28(3), 330-336.
- McConville, J.T., Clauser, C.E., Churchill, T.D., Cuzzi, J., & Kaleps, I. (1980). Anthropometric relationships of body and body segment moments of inertia. Ohio: Air Force Aerospace Medical Research Laboratory.
- Merlo, A., Zemp, D., Zanda, E., Rocchi, S., Meroni, F., Tettamanti, M., Recchia, A., Lucca, U. & Quadri, P. (2012). Postural stability and history of falls in cognitively able older adults: The Canton Ticino study. *Gait & Posture*, 36(4), 662.-666.
- Morcelli, M.H., Rossi, D.M., Karuka, A.H., Crozara, L.F., Hallal, C.Z., Marques, N.R., Gonçalves, M. & Navega, M.T. (2016). Peak torque, reaction time, and rate of torque development of hip abductors and adductors of older women. *Physiotherapy Theory and Practice*, 32(1), 45-52.

- Nelson, R.C., & Amin, M.A. (1990). Falls in the elderly. *Emergency medicine clinics of North America*, 8(2), 309-324.
- Organización Mundial de la salud. (2012). Caídas. Organización Mundial de la salud OMS, [Nota de prensa nº 344]. Recuperado de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs344/es/>.
- Orr, R. (2010). Contribution of muscle weakness to postural instability in the elderly. A systematic review. *European Journal of Physical and Rehabilitation medicine*, 46(2), 183-220.
- Pamukoff, D.N., Haakonssen, E.C., Zaccaria, J.A., Madigan, M.L., Miller, M.E. & Marsh, A.P. (2014). The effects of strength and power training on single-step balance recovery in older adults: a preliminary study. *Clinical Interventions in Aging*, 17(9), 697-704.
- Pujiula, M., Quesada, M. & Grupo APOC. (2003). Prevalencia de las caídas en ancianos que viven en la comunidad. *Atención Primaria*, 32(2), 86.-91.
- Reeves, P., Everding, V.Q. & Cholewicki, J. (2006). The effects of trunk stiffness on postural control during unestable seated balance. *Experimental Brain Research*, 174(4), 694.-700.
- Rhea, C.K., Silver, T.A., Hong, S.L., Ryu, J.H., Studenka, B.E., Hughes, C.M., & Haddad, J.M. (2011). Noise and complexity in human postural control: interpreting the different estimations of entropy. *PloS one*, 6(3), e17696.
- Rice, J. & Keogh, J.W.L. (2009). Power training: Can it improve Functional Performance in older Adults? A Systematic Review. *International Journal of Exercise Science*, 2(2), 131.-151.

- Rose, D.J. (2002). Promoting Functional Independence Among "At Risk" and Physically Frail Older Adults Through Community-Based Fall-Risk-Reduction Programs. *Journal of aging and physical activity*, 10(2), 207.-225.
- Sampedro, J., Meléndez, A., Ruíz, P. (2010). Análisis comparativo entre el número de caídas anual y baterías de pruebas de equilibrio y agilidad en personas mayores. *Retos. Nuevas tendencias en educación física. Deporte y Recreación*, 1(17), 115.-117.
- Shumway-Cook, A., Gruber, W., Baldwin, M. & Liao, S. (1997). The effect of multidimensional exercises on balance, mobility, and fall risk in community-dwelling older adults. *Physical Therapy*, 77(1), 46-57.
- Thorborg, K., Petersen, J., Magnusson, S.P., & Hölmich, P. (2010). Clinical assessment of hip strength using a hand-held dynamometer is reliable. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20(3), 493-501.
- Tsai, Y.C., Hsieh, L.F., & Yang, S. (2014). Age-related changes in posture response under a continuous and unexpected perturbation. *Journal of Biomechanics*, 47(2), 482.-490.
- Van Dieën, J.H., Koppes L.L.J. & Twisk, J.W. (2010a). Low back pain history and postural sway inunstable sitting. *Spine*, 35, 812-817.
- Van Dieën, J.H., Koppes, L.L.J. & Twisk, J.W. (2010b). Postural sway parameters in seated balancing; their reliability and relationship with balancing performance. *Gait Posture*, 31(1), 42-46.

- Varas-Fabra, F., Castro, E., Pérula, L. A., Fernández, M.J., Ruíz, R. & Enciso, I. (2006). Caídas en ancianos de la comunidad: prevalencia, consecuencias y factores asociados. *Atención Primaria*, 38(8), 450.-455.
- Vera-Garcia, F.J., Barbado, D., Moreno-Pérez, V., Hernández-Sánchez, S., Juan-Recio, C. & López-Elvira, J.L. (2015). "Core stability": Concepto y aportaciones al entrenamiento y la prevención de lesiones. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 8(2), 79-85.
- Zazulak, B., Cholewicki, J. & Reeves, N. P. (2008). Neuromuscular control of trunk stability: clinical implications for sports injury prevention. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 16(9), 497-505.

