



ORIGINAL

## Capacidad de salto y equilibrio en jóvenes y ancianos físicamente activos

Elena Rodríguez-Berzal<sup>a,\*</sup>, Ignacio Ara Royo<sup>b</sup>, Esmeralda Mata Gómez de Ávila<sup>b</sup> y Xavier Aguado Jódar<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Grupo de Biomecánica Humana y Deportiva, Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo, España

<sup>b</sup> Grupo de Investigación GENUO Toledo, Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo, España

Recibido el 7 de noviembre de 2011; aceptado el 12 de diciembre de 2011

Disponible en Internet el 28 de enero de 2012

### PALABRAS CLAVE

Biomecánica;  
Salto con  
contramovimiento;  
Caídas

### Resumen

**Introducción y objetivos:** La frecuencia de caídas por pérdida de equilibrio en ancianos aumenta con la edad. El objetivo de este estudio ha sido analizar la fuerza explosiva de las extremidades inferiores y la capacidad de equilibrarse en dos muestras de personas físicamente activas: jóvenes y ancianos.

**Material y métodos:** Participaron voluntariamente 8 ancianos y 11 jóvenes, todos ellos físicamente activos. Realizaron los tests: salto con contramovimiento, equilibrio estático en apoyo bipodal con ojos abiertos sobre espuma y límites de la estabilidad en apoyo bipodal. Todos ellos sobre una plataforma de fuerzas.

**Resultados y discusión:** La altura del salto fue mayor en jóvenes (jóvenes:  $16,00 \pm 2,73$ ; ancianos:  $7,99 \pm 2,23\%$  estatura;  $p < 0,001$ ). El *stiffness* en el contramovimiento de la batida fue menor en jóvenes ( $p < 0,01$ ). El área recorrida por el centro de presiones en el test de equilibrio estático fue menor en jóvenes (jóvenes:  $4,02 \pm 1,09$ ; ancianos:  $7,08 \pm 1,79$  cm<sup>2</sup>;  $p < 0,01$ ). Por otro lado, en el test de los límites de estabilidad el área del centro de presiones fue mayor en jóvenes (jóvenes:  $168,50 \pm 32,26$ ; ancianos:  $32,70 \pm 37,54$  cm<sup>2</sup>;  $p < 0,01$ ). No se encontró ninguna correlación entre variables de fuerza y equilibrio. En el grupo de ancianos el descenso del contramovimiento se correlacionó con el *stiffness* ( $r = -0,75$ ;  $p < 0,05$ ).

**Conclusiones:** El grupo de ancianos físicamente activos conservaba niveles de fuerza destacables pensando en la prevención de caídas, aunque descendía muy poco en el contramovimiento del salto. Si se lograra aumentar el rango funcional en el que ejercen fuerza sus extremidades inferiores podríamos disminuir el *stiffness* en el contramovimiento y mejorar su equilibrio postural.

© 2011 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [elena.rodriguez.berzal@gmail.com](mailto:elena.rodriguez.berzal@gmail.com) (E. Rodríguez-Berzal).

**KEYWORDS**

Biomechanics;  
Countermovement  
jump;  
Falls

**Jump and balance performance in an active young and elderly Spanish population****Abstract**

**Introduction and aims:** The risk of falls in the elderly populations due to loss of balance increases with age. The aim of the present study is to analyse the relationship between lower limb explosive strength and the ability to maintain balance in two different samples of active young and elderly subjects.

**Material and methods:** Subjects included in the study were 8 elderly and 11 young volunteers, all of them physically active. Counter-movement jump tests and one-leg static balance tests using a foam-rubber surface were applied and measured by a force plate.

**Results and discussion:** Height jumped was higher in the young, compared to the elderly volunteers ( $16.00 \pm 2.73$  vs.  $7.99 \pm 2.23\%$  height;  $P < .001$ , respectively). The countermovement stiffness of the initial phase ( $P < .01$ ) and the distance of the centre of pressures during static balance test was lower in the young group, compared to elderly ( $4.02 \pm 1.09$  vs.  $7.08 \pm 1.79$  cm<sup>2</sup>;  $P < .01$ , respectively). Moreover, the limits of the stability of the centre of pressures were higher in the elderly than in the young ( $168.50 \pm 32.26$  vs.  $32.70 \pm 37.54$  cm<sup>2</sup>;  $P < .01$ , respectively). No significant correlations were found between the strength and balance variables. In the elderly group, the countermovement descendent phase correlated with *stiffness* ( $r = -0.75$ ;  $P < .05$ ).

**Conclusions:** Although countermovement descendent phase of the jump was reduced, the active elderly maintained sufficient strength levels that could prevent falls. We believe that reduced stiffness during countermovement jumps and better postural balance can be obtained by increasing functional range of movement in their lower extremities.

© 2011 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

**Introducción**

La población de ancianos crece de forma importante en las sociedades desarrolladas y tiene frecuentes caídas por pérdida de equilibrio que se incrementan con la edad<sup>1,2</sup>. Esto supone un elevado coste económico y un problema importante de salud<sup>3,4</sup>. McAuley et al.<sup>5</sup> vieron que los ancianos con historial de actividad física tenían un mejor equilibrio y menos miedo a las caídas. Diferentes estudios demuestran que los ancianos que realizan entrenamiento de fuerza mejoran la realización de tareas cotidianas<sup>6-13</sup>. Algunos estudios analizan las condiciones en las que caen los ancianos<sup>14,15</sup>. Otros analizan la relación de la fuerza de las extremidades inferiores y el equilibrio, tanto estático como dinámico. Al ser difícil registrar la evolución de estas capacidades a lo largo de la vida, los estudios realizados hasta la fecha se centran en comparaciones transversales entre grupos de diferentes edades en los que se refleja la disminución de fuerza y el empeoramiento del equilibrio en los ancianos<sup>7,16-20</sup>.

**Medir la fuerza con el salto**

La ventaja de estudiar la fuerza de las extremidades inferiores mediante el salto es que se puede hacer sin máquinas sofisticadas y que el salto es un movimiento natural, que con ciertas precauciones lo pueden realizar sin riesgo los ancianos. Así, se han usado tanto el salto con contramovimiento (CMJ) como el salto sin contramovimiento (SJ) para estudiar la fuerza en ancianos<sup>21</sup>. Los ancianos saltan menos, generan menores picos de fuerza vertical y de potencia mecánica en la batida, tienen un mayor *stiffness* y descienden menos el centro de gravedad en el contramovimiento<sup>22-24</sup> (tabla 1).

Larsen et al.<sup>25</sup> vieron que la altura de salto del CMJ en ancianos se correlacionaba con variables de tareas cotidianas, como por ejemplo la velocidad máxima subiendo escalones. También observaron correlaciones entre variables de la cinética articular del CMJ, la velocidad máxima subiendo escalones y la fuerza isocinética. Izquierdo et al.<sup>26</sup>, tras estudiar 2 grupos (adultos y ancianos españoles) que la altura del CMJ correlacionaba con el área de sección transversal de los músculos extensores de la extremidad inferior.

**Equilibrio postural**

Izquierdo et al.<sup>27</sup>, al estudiar 3 grupos (jóvenes, adultos y ancianos finlandeses) concluyeron que los ancianos tardaban más en desplazar el centro de presiones (COP) hasta la diana iluminada y permanecían menos tiempo dentro de ella, mostrando peores capacidades de equilibrio postural. También vieron que en los grupos de ancianos la máxima velocidad del desarrollo de la fuerza isométrica correlacionaba significativamente con las variables de los tests de equilibrio, cosa que no sucedía en los sujetos jóvenes. De esta forma concluían que tener más fuerza no mejora el equilibrio en jóvenes pero sí en ancianos. En este grupo, que presenta limitación de la fuerza, se compromete el correcto desarrollo de actividades cotidianas como la marcha, subir escalones o reequilibrarse ante una posible caída.

Baydal-Bertomeu et al.<sup>28</sup> determinaron patrones de comportamiento postural en tests de equilibrio estático en población sana española, incluyendo ancianos. El trabajo de Baydal-Bertomeu et al.<sup>28</sup>, aunque no lo comentan, parece estar realizado con ancianos sedentarios de entorno urbano. Pero faltan resultados en población española de tests de

**Tabla 1** Estudios que han comparado la fuerza entre jóvenes y ancianos con el test de salto con contramovimiento

Autor (año)	Izquierdo et al. <sup>27</sup> (1999)		Liu et al. <sup>22</sup> (2006)		Wang <sup>23</sup> (2008)		Larsen et al. <sup>25</sup> (2009)
	Adultos	Ancianos	Jóvenes	Ancianos	Jóvenes	Ancianos	Ancianos
Sujetos (n)	21 ♂	10 ♂	10 ♂	10 ♂	7 ♂	7 ♂	26 ♀
Características	Físicamente activos	Físicamente activos	Físicamente activos	Físicamente activos	Sedentarios	Sedentarios	Físicamente activos
País	España	España	Taiwán	Taiwán	Taiwán	Taiwán	Dinamarca
Edad (años)	42 ± 2,9	65 ± 4,1	24,3 ± 2	68,6 ± 5	18 ± 0,3	67,7 ± 2,5	72,4 ± 6,4
Peso (kg)	84 ± 9,6	78 ± 9,3	65,9 ± 8	61,7 ± 9,3	70,8 ± 9,92	66,7 ± 8,87	66,1 ± 10,1
Estatura (m)	1,73 ± 0,06	1,65 ± 0,04	1,71 ± 0,05	1,65 ± 0,04	1,75 ± 0,06	1,63 ± 0,08	1,59 ± 0,06
Altura del salto	0,16 ± 0,01 m	0,11 ± 0,01 m	0,47 ± 0,08 m	0,21 ± 0,04 m	0,29 ± 0,03 m	0,17 ± 0,03 m	0,08 ± 0,02 m
Pico de potencia (W/kg)			0,39 ± 0,05	0,32 ± 0,08			22,76 ± 3,01
Descenso del contramovimiento (m)			2,44 ± 0,52	1,72 ± 0,78			
Stiffness (KN/m)							

fuerza y equilibrio en ancianos que realicen actividad física de forma regular.

El objetivo de este estudio ha sido analizar la fuerza de las extremidades inferiores medida con el CMJ y la capacidad de equilibrio postural en dos muestras de personas físicamente activas: jóvenes y ancianos.

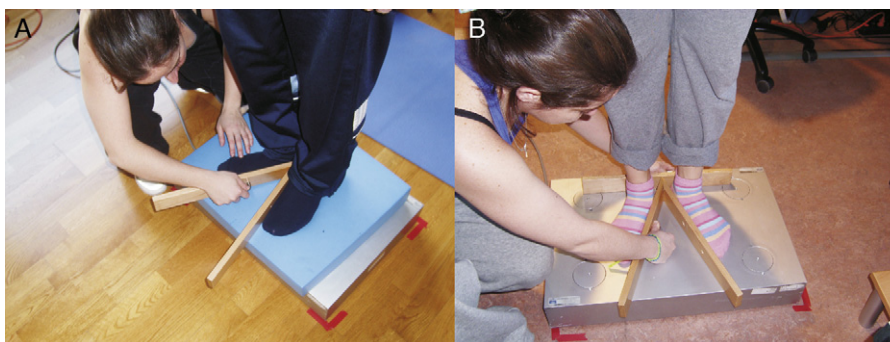
## Material y métodos

El estudio contó con el visto bueno del comité de ética universitario. La variable usada para calcular el tamaño muestral fue la altura del salto; se calculó con un error  $\alpha$  de 0,05 y un error  $\beta$  de 0,01 y se obtuvo un número mínimo de sujetos de 5. Con el tamaño muestral usado se obtuvo una potencia estadística de 0,99. En él tomaron parte voluntariamente 8 ancianos que realizaban de forma regular en los dos últimos años gimnasia de mantenimiento (edad: 67,0 ± 3,9 años; masa corporal: 80,1 ± 12,3 kg; estatura: 161,6 ± 9,6 cm; índice de masa corporal (IMC): 30,68 ± 4,06 kg/cm<sup>2</sup>) y un grupo de 11 jóvenes estudiantes de ciencias del deporte (edad: 21,7 ± 1,1 años; masa corporal: 67,4 ± 7,9 kg; estatura: 172,2 ± 7,8 cm; IMC: 22,65 ± 0,95 kg/cm<sup>2</sup>). Para medir la estatura y el peso se usó una báscula-tallímetro modelo 220 (SECA, Alemania), y para la longitud del pie, un compás de ramas curvas SH-108 (GPM, Suiza). En la anamnesis se comprobó que ningún sujeto presentaba problemas de salud que afectaran a los tests realizados (vista, equilibrio y movilidad) ni llevaba prótesis en las extremidades inferiores.

Se realizaron tres tests: un test de salto CMJ sobre una plataforma de fuerzas Quattro Jump (Kistler, Suiza); un test de equilibrio estático sobre espuma, y otro de límites de estabilidad buscando las máximas amplitudes en los dos ejes del plano horizontal. Los dos últimos tests se hicieron sobre una plataforma de fuerzas 9281CA (Kistler, Suiza). Se desarrollaron dos sesiones de familiarización con los test de equilibrio. En la primera de ellas se incluía también la familiarización con el test de salto. Se realizaron dos sesiones de medida (test de salto y tests de equilibrio). Nunca pasaron más de dos semanas entre la familiarización y la sesión de medida. Previamente a cada sesión se realizó un calentamiento estandarizado y dirigido por el investigador.

El CMJ se midió con una frecuencia de muestreo de 500 Hz. Se comprobó que el participante adoptaba una posición inicial de bipedestación con el tronco vertical, extremidades inferiores extendidas y manos sobre la cintura. También se comprobó que las manos no se despegaban de la cintura (durante la batida, el vuelo y la caída) y que la caída se realizaba con las extremidades inferiores en extensión. Una vez se consiguieron dos ensayos máximos y válidos, se usó para el análisis el de mayor altura de vuelo. Del salto se obtuvieron las siguientes variables: la altura de vuelo (% de estatura), el pico de potencia en la batida (W/kg), el máximo descenso en la batida (% de estatura), el pico de fuerza en la batida (BW) y el *stiffness* vertical en el contramovimiento (BW/% de estatura)<sup>29</sup>.

La duración del test de equilibrio estático sobre espuma fue de 30 s. El test se realizó sobre un plano viscoelástico con burbujas de aire encapsuladas Balance-pad (AIREX, EE.UU.) con una densidad de 56,91 kg/m<sup>3</sup> (dimensiones: 0,5 × 0,41 × 0,06 m; peso: 0,7 kg). Cuando se obtuvieron dos



**Figura 1** Colocación de pies con ayuda de planillas en los tests de equilibrio. Test de límites de estabilidad postural (A), test de equilibrio estático sobre espuma (B).

tests válidos se escogió para el análisis el de menor área cubierta por el COP. Se analizaron las siguientes variables del recorrido del COP: el área (cm<sup>2</sup>), los rangos anteroposterior y mediolateral (cm), la velocidad media del desplazamiento (cm/s) y los promedios de fuerzas mediolaterales y anteroposteriores (N).

La duración del test de los límites de estabilidad fue de 30 s, de los que se usaron 5 s para explorar la máxima amplitud lograda en el desplazamiento del COP en cada uno de los siguientes límites: delante, atrás, derecha e izquierda. Después de explorar cada límite se pedía al sujeto que volviera al centro. Si el sujeto perdía el equilibrio o movía la base de sustentación, se repetía el test. Cuando se obtuvieron dos tests correctamente realizados, se escogió el de mayor amplitud en los rangos de desplazamiento del COP para el análisis. Se analizaron las siguientes variables del desplazamiento del COP: la máxima amplitud anteroposterior (cm), la máxima amplitud derecha-izquierda (cm), la rectitud media (cm/s) y el área (cm<sup>2</sup>). Las rectitudes se obtuvieron como la desviación típica de los desplazamientos laterales al moverse el sujeto en el eje atrás-delante y como la desviación típica de los desplazamientos anteroposteriores al moverse el sujeto en el eje mediolateral.

Ambos tests de equilibrio se registraron con una frecuencia de 50 Hz, descalzos en apoyo bipodal, con ojos abiertos y brazos cruzados sobre el pecho. En ambos tests, antes del inicio los pies se colocaron con ayuda de una planilla. En el test sobre espuma, con los talones juntos y los bordes internos de la huella plantar separados 40° (fig. 1A). En el test de los límites de estabilidad postural se usó la planilla de

40° y se colocó otra planilla por detrás para alinear la parte posterior de los talones y sin que se tocan (fig. 1B).

## Resultados

La tabla 2 muestra los resultados comparativos de las variables del test de salto. La altura del salto y el pico de potencia mecánica en la batida fueron mayores en jóvenes ( $p < 0,001$ ). En ambos grupos hubo buenas correlaciones entre el pico de potencia de la batida y la altura del salto ( $r \geq 0,91$ ;  $p < 0,01$ ). El *stiffness* fue menor en jóvenes ( $p < 0,01$ ). Los ancianos tuvieron una correlación negativa entre el *stiffness* y el descenso del centro de gravedad en el contramovimiento ( $r = -0,75$ ,  $p < 0,05$ ). La altura de descenso fueron contramovimiento y la fuerza en el contramovimiento fueron mayores en jóvenes ( $p < 0,05$ ).

En la tabla 3 se exponen las variables obtenidas en el test estático con espuma comparando los jóvenes y los ancianos. Tanto el área del recorrido del COP como el rango medio-lateral y anteroposterior fueron menores en los jóvenes ( $p < 0,01$ ). Sin embargo, aunque la diferencia en la velocidad media de desplazamiento del COP no fue significativa, fue mayor en los jóvenes. Finalmente, el grupo de ancianos mostró mayores valores de fuerzas mediolaterales que el grupo de jóvenes ( $p < 0,01$ ). Los resultados de las variables del test de límites de estabilidad postural se muestran en la tabla 4. El área del COP, la máxima amplitud anteroposterior, la máxima amplitud mediolateral y la velocidad media del desplazamiento del COP fueron mayores en el grupo de jóvenes ( $p < 0,01$ ).

**Tabla 2** Valores medios y desviaciones típicas de las variables estudiadas en el test de salto con contramovimiento comparando jóvenes y ancianos

	Jóvenes	Ancianos
Pico de potencia (W/kg)	44,66 ± 7,37	27,33 ± 5,45 ***
Descenso en el contramovimiento (%estatura)	17,38 ± 5,13	12,78 ± 5,23 *
Altura de salto (%estatura)	16,00 ± 2,73	7,99 ± 2,23 ***
Fuerza en el contramovimiento (BW)	2,26 ± 0,29	1,94 ± 0,36 **
Stiffness (BW/% estatura)	0,10 ± 0,02	0,14 ± 0,03 **

BW: veces masa corporal.

\*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ .

**Tabla 3** Valores medios y desviaciones típicas de las variables estudiadas en el test de equilibrio estático sobre espuma comparando jóvenes y ancianos

	Jóvenes	Ancianos
Área (cm <sup>2</sup> )	4,02 ± 1,09	7,08 ± 1,79 **
Rango mediolateral (cm)	3,0 ± 0,5	3,9 ± 0,7 **
Rango anteroposterior (cm)	2,7 ± 0,4	3,8 ± 0,5 ***
Velocidad media (cm/s)	4,2 ± 1,1	3,4 ± 0,9 (NS)
Promedio de fuerzas mediolaterales (N)	1,8 ± 0,6	4,4 ± 2,0 **
Promedio de fuerzas anteroposteriores (N)	5,1 ± 0,4	5,8 ± 1,7 (NS)

\* p < 0,05; \*\* p < 0,01; \*\*\* p < 0,001; NS: no significativo.

**Tabla 4** Valores medios y desviaciones típicas del recorrido del centro de gravedad proyectado sobre la plataforma de fuerzas en el test de límites de estabilidad postural comparando jóvenes y ancianos

	Jóvenes	Ancianos
Área (cm <sup>2</sup> )	168,50 ± 32,26	32,70 ± 37,54 ***
Amplitud eje derecha-izquierda (cm)	21,2 ± 2,3	14,8 ± 4,0 **
Amplitud eje anteroposterior (cm)	15,8 ± 1,7	10,7 ± 2,6 ***
Velocidad media (cm/s)	6,2 ± 1,2	4,6 ± 1,2 **
Rectitud eje mediolateral (cm)	0,60 ± 0,14	0,74 ± 0,25 (NS)
Rectitud eje anteroposterior (cm)	0,85 ± 0,45	0,83 ± 0,15 (NS)

\* p < 0,05; \*\* p < 0,01; \*\*\* p < 0,001; NS: no significativo.

## Discusión

La discusión se ha estructurado en: fuerza medida en el salto, equilibrio postural y relaciones entre fuerza y equilibrio. El presente estudio demuestra que el grupo de ancianos físicamente activos, aun teniendo disminuida su capacidad de producir fuerza explosiva de las extremidades inferiores, conserva niveles aceptables pero la produce con rangos de movimiento muy pequeños, lo que les lleva a mostrar niveles de *stiffness* elevados.

### Fuerza medida en el salto

El grupo de ancianos estudiado saltó menos que los grupos de ancianos asiáticos de edades similares de otros trabajos, aun que más que el grupo de daneses de Larsen et al.<sup>27</sup> (tabla 1). Los ancianos asiáticos tenían masas corporales muy inferiores a los ancianos de nuestro estudio (nuestro estudio: 80,1 ± 12,3 kg; Wang et al.<sup>20</sup>: 66,7 ± 8,87 kg; Liu et al.<sup>19</sup>: 61,7 ± 9,3 kg). Probablemente los hábitos de dieta y ejercicio diferentes entre las culturas asiática y europea podrían explicar estas diferencias.

En nuestro estudio el grupo de ancianos descendió menos en el contramovimiento que el grupo de jóvenes (p < 0,05) y presentó un *stiffness* superior (p < 0,01). Liu et al.<sup>19</sup> describen un menor *stiffness* (p < 0,01) en el contramovimiento del CMJ en el grupo de ancianos (1,72 ± 0,78 kN/m) respecto a un grupo de jóvenes (2,44 ± 0,52 kN/m). No obstante, los ancianos del estudio de Liu et al.<sup>19</sup> descendieron casi el doble en el contramovimiento (0,32 ± 0,08 m) que los de nuestro estudio (0,18 ± 0,08 m), y eso provocaba que presentaran *stiffness* inferiores a los ancianos estudiados. Como en nuestro estudio el *stiffness* del grupo de ancianos se

correlacionaba negativamente con el descenso del centro de gravedad, de ello se desprende que si se lograra que descendieran más, el *stiffness* disminuiría. Además, lograríamos una mayor amplitud en el rango de movimiento de las extremidades inferiores que posiblemente tuviera también efectos beneficiosos en el incremento del control del equilibrio postural.

### Equilibrio postural

En el test de equilibrio estático sobre espuma los jóvenes obtuvieron áreas menores (4,02 ± 1,09 cm<sup>2</sup>; p < 0,01) que los ancianos (7,08 ± 1,79 cm<sup>2</sup>) (tabla 3). A la inversa, en el test de los límites de estabilidad los jóvenes obtuvieron áreas significativamente mayores (168,50 ± 32,26 cm<sup>2</sup>; p < 0,001) que los ancianos (32,70 ± 37,54 cm<sup>2</sup>) (tabla 4). Es de destacar que en este test tanto nuestros jóvenes como los ancianos tenían unas amplitudes mediolaterales y anteroposteriores mayores que la muestra de Baydal-Bertomeu et al.<sup>28</sup> (tabla 5). No obstante, se debe tener en cuenta que Baydal-Bertomeu et al. colocaban al sujeto con las puntas de los pies separados 30° y con contacto de los talones, y en nuestro estudio se separaban las puntas de los pies 40° y los talones no tenían contacto.

Por otro lado, en el test de equilibrio estático el grupo de ancianos ha mostrado valores promedio de fuerzas mediolaterales mayores que el grupo de jóvenes (p < 0,01) (tabla 3). Estos resultados son compatibles con la menor velocidad de desplazamiento del COP de los ancianos (no significativo) y su mayor área de barrido (p < 0,001). En cambio, el promedio de fuerzas anteroposteriores ha sido similar entre los grupos de jóvenes y ancianos. Estos resultados podrían indicar peores respuestas re-equilibradoras de cadera que de tobillo en



**Tabla 5** Comparación de las amplitudes logradas en el test de límites de estabilidad entre jóvenes y ancianos en el estudio de Baydal-Bertomeu et al.<sup>28</sup> y el realizado en este trabajo (Actual)

	Jóvenes		Ancianos	
	Baydal-Bertomeu	Actual	Baydal-Bertomeu	Actual
Amplitud del eje mediolateral (cm)	10,27 ± 0,79	21,2 ± 2,3	7,06 ± 0,72	14,8 ± 4,0
Amplitud del eje anteroposterior (cm)	13,91	15,8 ± 1,7	8,64	10,7 ± 2,6

los ancianos, que debería tenerse en cuenta al trabajar con estos el equilibrio postural.

En ambos test de equilibrio los jóvenes obtuvieron mayores velocidades medias de desplazamiento del COP que los ancianos, pero la diferencia sólo fue significativa ( $p < 0,01$ ) en el test de límites de estabilidad. Un dato a destacar es que en el test de los límites de estabilidad no hubo diferencias en cuanto a la rectitud en ninguno de los ejes entre los dos grupos.

### Correlaciones entre fuerza y equilibrio

En nuestro estudio no se han encontrado correlaciones significativas entre los test de fuerza y equilibrio en ninguno de los dos grupos estudiados. No obstante, en el grupo de ancianos se vio una mínima y no significativa correlación de la altura del salto con la amplitud mediolateral ( $r = 0,53$ ). En el grupo de ancianos también correlacionaron de forma débil y no significativa el pico de potencia con el área, la velocidad media de desplazamiento del COP y la amplitud mediolateral del test de los límites de estabilidad:  $r = 0,53$ ,  $r = 0,50$  y  $r = 0,59$ , respectivamente. Una hipótesis sobre la falta de correlaciones entre variables de fuerza y equilibrio en los ancianos del estudio sería que no tenían unos niveles fuerza críticos que supusieran dificultades para equilibrarse, lo que sí ocurría en el estudio de Izquierdo et al.<sup>26</sup>.

### Conclusiones

- En el salto con contramovimiento el grupo de ancianos obtuvo menores alturas de salto, menores picos de potencia mecánica en la batida y mayores *stiffness* de las extremidades inferiores en el contramovimiento. Cubrieron áreas mayores y mayores rangos de desplazamiento del centro de presiones en el test de equilibrio estático. Finalmente obtuvieron menores amplitudes que los jóvenes en el test de límites de la estabilidad.
- En ninguno de los dos grupos estudiados se obtuvieron correlaciones significativas entre las variables de fuerza y de equilibrio. La aparición de relaciones entre estas variables en ancianos se ha asociado a niveles críticos de fuerza para la realización de actividades cotidianas y con el riesgo de sufrir caídas.
- El grupo de ancianos presentó mayor *stiffness* de las extremidades inferiores en la batida del salto que los descendidos en grupos de ancianos asiáticos. El menor grado de descenso del centro de gravedad en la batida es el responsable de estos valores. Si nuestros ancianos mejoraran el rango de movimiento funcional de las extremidades inferiores, probablemente acercarían los valores de *stiffness*

a los de los grupos de asiáticos y además podría tener repercusiones positivas en el equilibrio postural.

### Financiación

Este trabajo ha sido realizado con una beca de colaboración de estudiantes en departamentos universitarios del Ministerio de Educación (referencia: EDU/1799/2010) y un proyecto del Consejo Superior de Deportes (referencia: 089/UPB10/12).

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

### Agradecimientos

Se agradece la colaboración del complejo deportivo municipal Alhóndiga Sector III de Getafe, a los ancianos de las clases de natación del centro y a los alumnos de la Facultad de Ciencias del Deporte de Toledo.

### Bibliografía

1. Milat AJ, Watson WL, Monger C, Barr M, Giffin M, Reid M. Prevalence, circumstances and consequences of falls among community-dwelling older people. N S W Public Health Bull. 2011;22:43-8.
2. Dougherty J, Kancel A, Ramar C, Meacham C, Derrington S. The effects of a multi-axis balance board intervention program in an elderly population. Mo Med. 2011;108:128-32.
3. Gaxatte C, Nguyen T, Chourabi F, Salleron J, Pardessus V, Delabrière I, et al. Fear of falling as seen in the multidisciplinary falls consultation. Ann Phys Rehabil Med. 2011;54:248-58.
4. Lim JY, Jang SN, Park WB, Oh MK, Kang EK, Paik NJ. Association between exercise and fear of falling in community-dwelling elderly Koreans: Results of a cross-sectional public opinion survey. Arch Phys Med Rehabil. 2011;92:954-9.
5. McAuley E, Shannon L, Rodengre K. Self-efficacy and balance correlates of fear of falling in the elderly. J Aging Phys Act. 1997;5:329-40.
6. Shannon L, McAuley M, McAuley E. Strength training effects on subjective well-being and physical function in the elderly. J Aging Phys Act. 1996;4:56-8.
7. Frenken M, Komi PV, Häkkinen K, von Bonsdorff H, Partio E. Strength training and neuromuscular function in elderly people with total knee endoprosthesis. Scand J Med Sci Sports. 1992;2:234-43.
8. Häkkinen K, Kallinen M, Linnamo V, Pastinen U-M, Newton R, Kraemer WJ. Neuromuscular adaptations during bilateral versus unilateral strength training in middle-aged and elderly men and women. Acta Physiol Scand. 1996;158:77-88.

9. Porter MM, Vandervoort AA, Lexell J. Aging of human muscle: Structure, function and adaptability. *Scand J Med Sci Sports*. 1995;5:129-42.
10. Topp R, Mikesky A, Bawel K. Developing a strength training program for older adults: Planning, programming, and potential outcomes. *Rehabil Nurs*. 1994;19:266-97.
11. Treuth MS, Ryan AS, Pratlley RE, Rubin MA, Miller JP, Nicklas BJ, et al. Effects of strength training on total and regional body composition in older men. *J Appl Physiol*. 1994;77:614-20.
12. Hakkinen K, Pastinen UM, Karsikas R, Linnamo V. Neuromuscular performance in voluntary bilateral and unilateral contraction and during electrical stimulation in men at different ages. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1995;70:518-27.
13. Hakkinen K, Kraemer WJ, Kallinen M, Linnamo V, Pastinen UM, Newton RU. Bilateral and unilateral neuromuscular function and muscle cross-sectional area in middle-aged and elderly men and women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 1996;51:B21-9.
14. Almeida CW, Castro CH, Pedreira PG, Heymann RE, Szejnfeld VL. Percent age height of center of mass is associated with the risk of falls among elderly women: A case-control study. *Gait Posture*. 2011;34:208-12.
15. Gehlsen GM, Whaley MH. Falls in the elderly: Part II. Balance, strength, and flexibility. *Arch Phys Med Rehabil*. 1990;71:739-41.
16. Lassau-Wray ER, Parker AW. Neuromuscular responses of elderly women to tasks of increasing complexity imposed during walking. *Eur J Appl Physiol*. 1993;67:476-80.
17. Lewis RD, Brown JM. Influence of muscle activation dynamics or reaction time in the elderly. *Eur J Appl Physiol*. 1994;69:344-9.
18. Phillips SK, Bruce SA, Newton D, Woledge RC. The weakness of old age is not due to failure of muscle activation. *J Gerontol*. 1992;47:45-9.
19. Porter MM, Myint A, Kramer JF, Vandervoort AA. Concentric and eccentric knee extension strength in older and younger men and women. *Can J Appl Physiol*. 1995;20:429-39.
20. Sipilä S, Suominen H. Effects of strength and endurance training on thigh and leg muscle mass and composition in elderly women. *J Appl Physiol*. 1995;78:334-40.
21. Bosco C, Komi PV. Influence of aging on the mechanical behavior of leg extensor muscles. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1980;45(2-3):209-19.
22. Liu Y, Peng CH, Wei SH, Chi JC, Tsai FR, Chen JY. Active leg stiffness and energy stored in the muscles during maximal counter movement jump in the aged. *J Electromyogr Kinesio*. 2006;16:342-51.
23. Wang L. The kinetics and stiffness characteristics of the lower extremity in older adults during vertical jumping. *J Sport Sci Med*. 2008;7:379-86.
24. Haguenaer M, Legreneur P, Monteil KM. Vertical jumping reorganization with aging: A kinematic comparison between young and elderly men. *J Appl Biomech*. 2005;21:236-46.
25. Larsen AH, Sorensen H, Puggaard L, Aagaard P. Biomechanical determinants of maximal stair climbing capacity in healthy elderly women. *Scand J Med Sci Sports*. 2009;19:678-86.
26. Izquierdo M, Ibáñez J, Gorostiaga E, Garúes M, Zúñiga A, Antón A, et al. Maximal strength and power characteristics in isometric and dynamic actions of the upper and lower extremities in middle-aged and older men. *Acta Physiol Scand*. 1999;167:57-68.
27. Izquierdo M, Aguado X, Gonzalez R, López JL, Häkkinen K. Maximal and explosive force production capacity and balance performance in men of different ages. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1999;79:260-7.
28. Baydal-Bertomeu JM, Barberà i Guillem R, Soler-García C, Peydro de Moya MF, Prat JM, Barona de Guzmán R. Determinación de los patrones de comportamientos postural en población sana española. *Acta Otorrinolaringol Esp*. 2004;55:260-9.
29. Dowling J, Vamos JL. Identification of kinetic and temporal factors related to vertical jump performance. *J Appl Biomech*. 1993;9:95-110.