

apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



ORIGINAL

Capacitat de salt i equilibri de joves i ancians actius físicament

Elena Rodríguez-Berzal^{a,*}, Ignacio Ara Royo^b, Esmeralda Mata Gómez de Ávila^b
i Xavier Aguado Jódar^a

^a Grupo de Biomecánica Humana y Deportiva, Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo, Espanya

^b Grupo de Investigación GENUD Toledo, Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo, Espanya

Rebut el 7 de novembre de 2011; acceptat el 12 de desembre de 2011

PARAULES CLAU

Biomecànica;
Salt amb
contramoviment;
Caigudes

Resum

Introducció i objectius: La freqüència de caigudes per pèrdua d'equilibri dels ancians augmenta amb l'edat. L'objectiu d'aquest estudi fou analitzar la força explosiva de les extremitats inferiors i la capacitat d'equilibri en dues mostres de persones actives físicament: joves i ancians.

Material i mètodes: Participaren voluntàriament 8 ancians i 11 joves, tots actius físicament. Realitzaren els tests: salt amb contramoviment; equilibri estàtic en recolzament bipodal sobre escuma amb els ulls oberts, i límits de l'estabilitat en recolzament bipodal. Tots es realitzaren sobre una plataforma de forces.

Resultats i discussió: L'alçada del salt dels joves fou major (joves: $16,00 \pm 2,73$; ancians: $7,99 \pm 2,23\%$ estatura; $p < 0,01$). La rigidesa en el contramoviment de la batuda fou menor en els joves ($p < 0,01$). L'àrea recorreguda pel centre de pressions en el test d'equilibri estàtic fou menor en el joves (joves: $4,02 \pm 1,09$; ancians: $7,08 \pm 1,79 \text{ cm}^2$; $p < 0,01$). En canvi, en el test dels límits d'estabilitat, l'àrea del centre de pressions fou major en els joves (joves: $168,50 \pm 32,26$; ancians: $32,70 \pm 37,54 \text{ cm}^2$; $p < 0,01$). No es trobà cap correlació entre variables de força i equilibri. En el grup d'ancians el descens del contramoviment es correlacionà amb la rigidesa ($r = -0,75$; $p < 0,05$).

Conclusions: El grup d'ancians actius físicament conservava uns nivells de força destacables perquè pensava en prevenir les caigudes, tot i que baixaven molt poc en el contramoviment del salt. Si s'aconseguís augmentar el rang funcional en què fan força les extremitats inferiors es podria disminuir la rigidesa del contramoviment i millorar l'equilibri postural.

© 2011 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicat per Elsevier España, S.L. Tots els drets reservats.

*Autor per a correspondència.

Correu electrònic: 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 ± 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 ± 1.09 vs. 7.08 ± 1.79 cm²; $P < .01$, respectively). Moreover, the limits of the stability of the centre of pressures were higher in the elderly than in the young (168.50 ± 32.26 vs. 32.70 ± 37.54 cm²; $P < .01$, 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.

Introducció

La població d'ancians creix de forma important en les societats desenvolupades i té freqüents caigudes per pèrdua d'equilibri que s'incrementen amb l'edat^{1,2}. Això suposa un elevat cost econòmic i un problema important de salut^{3,4}. McAuley et al.⁵ observaren que els ancians amb historial d'activitat física tenien millor equilibri i menys por a les caigudes. Diferents estudis demostren que els ancians que realitzen entrenament de força milloren la realització de les tasques quotidianes⁶⁻¹³. Alguns estudis analitzen les condicions en què cauen els ancians¹⁴⁻¹⁵. D'altres analitzen la relació de la força de les extremitats inferiors i l'equilibri, tant estàtic com dinàmic. Com que és difícil registrar l'evolució d'aquestes capacitats al llarg de la vida, els estudis realitzats fins ara se centren en comparacions transversals entre grups de diferents edats en els quals es reflecteix la disminució de la força i l'empitjorament de l'equilibri dels ancians^{7,16-20}.

Mesurar la força amb el salt

L'avantatge d'estudiar la força de les extremitats inferiors mitjançant el salt és que es pot fer sense màquines sofisticades i que el salt és un moviment natural, que els ancians poden realitzar sense risc, amb certes precaucions. Per estudiar la força dels ancians s'ha usat tant el salt amb contramoviment (*counter-movement jump*, CMJ) com el

salt sense contramoviment (*squat jump*, SJ)²¹. Els ancians salten menys, generen menors pics de força vertical i de potència mecànica en la batuda, tenen una major rigidesa i abaixen menys el centre de gravetat en el contramoviment²²⁻²⁴ (taula 1).

Larsen et al.²⁵ veieren que l'alçada del CMJ dels ancians es correlacionava amb variables de les tasques quotidianes, com per exemple la velocitat màxima pujant esglaons. També van observar correlacions entre variables de la cinètica articular del CMJ, la velocitat màxima pujant esglaons i la força isocinètica. Izquierdo et al.²⁶, després d'estudiar 2 grups (adults i ancians espanyols) veieren que l'alçada del CMJ es correlacionava amb l'àrea de la secció transversal dels músculs extensors de l'extremitat inferior.

Equilibri postural

Izquierdo et al.²⁷ estudiaren 3 grups (finlandesos joves, adults i ancians) i concloueren que els ancians tardaven més en desplaçar el centre de pressions (*centre of pressure*, COP) fins a la diana il·luminada, hi romanien menys temps dins, i mostraren pitjor capacitat d'equilibri postural. També veieren que la velocitat màxima del desenvolupament de la força isomètrica dels grups d'ancians correlacionava significativament amb les variables dels tests d'equilibri, cosa que no succeïa en els subjectes joves. En conseqüència, conclouien que tenir més força no millora

Taula 1 Estudis que han comparat la força entre joves i ancians amb el test de salt amb contramoviment

| Autor (any) | Izquierdo et al. ²⁷ (1999) | | Liu et al. ²² (2006) | | Wang ²³ (2008) | | Larsen et al. ²⁵ (2009) | |
|--------------------------------|---------------------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------------|---------------------|------------------------------------|---------|
| | Adults | Ancians | Joves | Ancians | Joves | Ancians | Joves | Ancians |
| Subjectes (n) | 21 [♂] | 10 [♂] | 10 [♂] | 10 [♂] | 7 [♂] | 7 [♂] | 26 [♀] | |
| Característiques | Físicament actius | Físicament actius | Físicament actius | Físicament actius | Sedentaris | Sedentaris | Físicament actius | |
| País | Espanya | Espanya | Taiwan | Taiwan | Taiwan | Taiwan | Dinamarca | |
| Edat (anys) | 42 ± 2,9 | 65 ± 4,1 | 24,3 ± 2 | 68,6 ± 5 | 18 ± 0,3 | 67,7 ± 2,5 | 72,4 ± 6,4 | |
| Pes (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 | |
| Alçada del salt | 0,16 ± 0,01 m | 0,11 ± 0,01 m | 0,47 ± 0,08 m | 0,21 ± 0,04 m | 0,29 ± 0,03% alçada | 0,17 ± 0,03% alçada | 0,08 ± 0,02 m | |
| Pic de potència (W/kg) | | | 0,39 ± 0,05 | 0,32 ± 0,08 | | | 22,76 ± 3,01 | |
| Descens del contramoviment (m) | | | 2,44 ± 0,52 | 1,72 ± 0,78 | | | | |
| Rigidesa (kN/m) | | | | | | | | |

l'equilibri dels joves però sí el dels ancians. En aquest grup, que presenta limitació de la força, es compromet el desenvolupament correcte d'activitats quotidianes com la marxa, pujar esglaons o reequilibrar-se en cas d'una possible caiguda.

Baydal-Bertomeu et al.²⁸ determinaren els patrons de comportament postural dels tests d'equilibri estàtic en una població sana espanyola, que incloïa ancians. El treball de Baydal-Bertomeu et al.²⁸, tot i que no se'n fa esment, sembla que ha estat realitzat amb ancians sedentaris d'un entorn urbà. Manquen, però, resultats de tests de força i equilibri en ancians espanyols que realitzen activitat física de forma regular.

L'objectiu d'aquest estudi ha estat analitzar la força de les extremitats inferiors mesurada amb el CMJ i la capacitat d'equilibri postural en dues mostres de persones actives físicament: joves i ancians.

Material i mètodes

L'estudi comptà amb el vistiplau del comitè d'ètica universitari. La variable emprada per calcular la grandària mostral fou l'alçada del salt calculada amb un error α de 0,05 i un error β de 0,01 i s'obtingué un nombre mínim de 5 subjectes. Amb la grandària mostral emprada s'obtingué una potència estadística de 0,99. Hi van prendre part voluntàriament 8 ancians que havien realitzat gimnàstica de manteniment de forma regular en els 2 últims anys (edat: 67,0 ± 3,9 anys; massa corporal: 80,1 ± 12,3 kg; estatura: 161,6 ± 9,6 cm; índex de massa corporal [IMC]: 30,68 ± 4,06 kg/cm²) i un grup d'11 joves estudiants de ciències de l'esport (edat: 21,7 ± 1,1 anys; massa corporal: 67,4 ± 7,9 kg; estatura: 172,2 ± 7,8 cm; IMC: 22,65 ± 0,95 kg/cm²). Per mesurar l'estatura i el pes s'utilitzà una bàscula-tallímetre model 220 (SECA, Alemanya), i per a la longitud del peu, un compàs de branques corbes SH-108 (GPM, Suïssa). A l'anamnesi es comprovà que cap subjecte no presentés problemes de salut que afectessin els tests realitzats (vista, equilibri i mobilitat) ni portés cap pròtesi a les extremitats inferiors.

Es realitzaren tres tests: un test de CMJ sobre una plataforma de forces Quattro Jump (Kistler, Suïssa); un test d'equilibri estàtic sobre escuma, i un altre de límits d'estabilitat que buscava les màximes amplituds en els 2 eixos del pla horitzontal. Els 2 últims tests es realitzaren sobre una plataforma de forces 9281CA (Kistler, Suïssa). Hi hagué 2 sessions de familiarització amb els tests d'equilibri. La primera incloïa també la familiarització amb el test de salt. Es realitzaren 2 sessions de mesurament (test de salt i test d'equilibri). No van transcórrer mai més de 2 setmanes entre la familiarització i la sessió d'amidament. Prèviament a cada sessió es realitzà un escalfament estandarditzat i dirigit per l'investigador.

El CMJ es mesurà amb una freqüència de mostreig de 500 Hz. Es comprovà que el participant adoptés una posició inicial de bipedestació amb el tronc vertical, les extremitats inferiors en extensió i les mans a la cintura. També es comprovà que les mans no es desenganxessin de la cintura (durant la batuda, el vol i la caiguda) i que la caiguda es realitzés amb les extremitats inferiors en extensió. Una

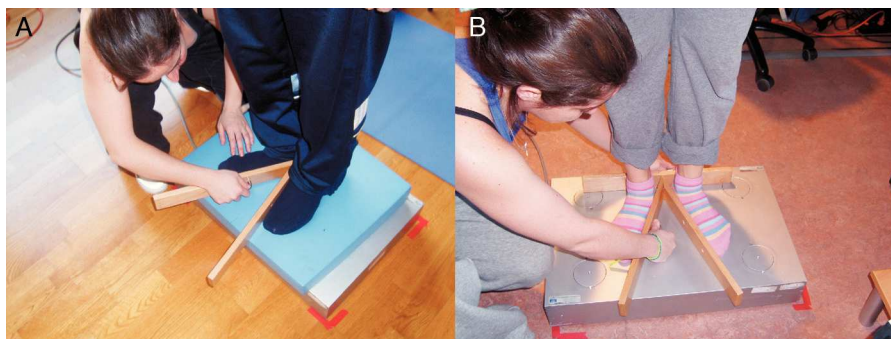


Figura 1 Col·locació dels peus amb ajuda de plantilles en els tests d'equilibri. A) Test de límits d'estabilitat postural. B) Test d'equilibri estàtic sobre escuma.

vegada aconseguits 2 assajos màxims i vàlids, el de major alçada de vol s'usà per a l'anàlisi. Es van obtenir les següents variables del salt: l'alçada de vol (% d'alçada), el pic de potència en la batuda (W/kg), el màxim descens en la batuda (% d'estatura), el pic de força en la batuda (BW) i la rigidesa vertical en el contramoviment (BW/% d'estatura)²⁹.

La durada del test d'equilibri estàtic sobre escuma fou de 30 s. El test es realitzà sobre un pla viscoelàstic amb bombolles d'aire encapsulades Balanç-pad (AIREX, EUA) amb una densitat de 56,91 kg/m³ (dimensions: 0,5 × 0,41 × 0,06 m; pes: 0,7 kg). Una vegada obtinguts 2 tests vàlids, s'escollí per a l'anàlisi el de menor àrea coberta pel COP. Es realitzaren les variables següents del recorregut del COP: l'àrea (cm²), els rangs anteroposterior i mediolateral (cm), la velocitat mitjana del desplaçament (cm/s) i les mitjanes de forces mediolaterals i anteroposteriors (N).

La durada del test dels límits d'estabilitat fou de 30 s, dels quals 5 s foren per explorar la màxima amplitud aconseguida en el desplaçament del COP en cada un dels límits següents: davant, darrere, dreta i esquerra. Després d'explorar cada límit es demanà al subjecte que tornés al centre. El test es repetia si el subjecte perdia l'equilibri o movia la base de sustentació. En aconseguir 2 tests realitzats correctament, s'escollia per a l'anàlisi el de major amplitud dels rangs de desplaçament del COP. S'analitzaren les variables següents del desplaçament del COP: la màxima amplitud anteroposte-

rior (cm), la màxima amplitud dreta-esquerra (cm), la rectitud anteroposterior i mediolateral (cm), la velocitat mitjana (cm/s) i l'àrea (cm²). Les rectituds s'obtingueren amb la desviació típica dels desplaçaments laterals en moure's el subjecte en l'eix darrere-davant i amb la desviació típica dels desplaçaments anteroposteriors en moure's el subjecte en l'eix mediolateral.

Ambdós tests d'equilibri es van registrar amb una freqüència de 50 Hz, descalços en recolzament bipodal, amb ulls oberts i braços creuats sobre el pit. En els 2 tests abans de començar es col·locaren els peus sobre una plantilla. En el test sobre escuma, amb els talons junts i la part interna de l'empremta plantar separats 40° (fig. 1A). En el test de límits d'estabilitat postural s'usà la plantilla de 40° i se'n col·locà una altra per darrere per alinear la part posterior dels talons i sense que es toquessin (fig. 1B).

Resultats

La taula 2 mostra els resultats comparatius de les variables del test de salt. L'alçada del salt i el pic de potència mecànica en la batuda foren majors en els joves ($p < 0,001$). En ambdós grups hi hagué bones correlacions entre el pic de potència de la batuda i l'alçada del salt ($r \geq 0,91$; $p < 0,01$). La rigidesa fou menor en els joves ($p < 0,01$). Els ancians van tenir una correlació negativa entre la rigidesa i el des-

Taula 2 Mitjana i desviacions típiques de les variables estudiades en el test de salt amb contramoviment comparant joves i ancians

| | Joves | Ancians |
|-----------------------------------------|--------------|------------------|
| Pic de potència (W/kg) | 44,66 ± 7,37 | 27,33 ± 5,45 *** |
| Descens en el contramoviment (% alçada) | 17,38 ± 5,13 | 12,78 ± 5,23 * |
| Alçada del salt (% alçada) | 16,00 ± 2,73 | 7,99 ± 2,23 *** |
| Força en el contramoviment (BW) | 2,26 ± 0,29 | 1,94 ± 0,36 * |
| Rigidesa (BW/% estatura) | 0,10 ± 0,02 | 0,14 ± 0,03 ** |

BW: vegades massa corporal.

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

Taula 3 Mitjana i desviacions típiques de les variables estudiades en el test d'equilibri estàtic sobre escuma comparant joves i ancians

| | Joves | Ancians |
|----------------------------------------|-------------|----------------|
| Àrea (cm ²) | 4,02 ± 1,09 | 7,08 ± 1,79 ** |
| Rang mediolateral (cm) | 3,0 ± 0,5 | 3,9 ± 0,7 ** |
| Rang anteroposterior (cm) | 2,7 ± 0,4 | 3,8 ± 0,5 *** |
| Velocitat mitjana (cm/s) | 4,2 ± 1,1 | 3,4 ± 0,9 (NS) |
| Mitjana de forces mediolaterals (N) | 1,8 ± 0,6 | 4,4 ± 2,0 ** |
| Mitjana de forces anteroposteriors (N) | 5,1 ± 0,4 | 5,8 ± 1,7 (NS) |

NS: no significatiu.

** p < 0,01; *** p < 0,001.

Taula 4 Mitjana i desviacions típiques del recorregut del centre de gravetat projectat sobre la plataforma de forces en el test de límits d'estabilitat postural comparant joves i ancians

| | Joves | Ancians |
|-----------------------------------|----------------|-------------------|
| Àrea (cm ²) | 168,50 ± 32,26 | 32,70 ± 37,54 *** |
| Amplitud eix dret-esquerre (cm) | 21,2 ± 2,3 | 14,8 ± 4,0 ** |
| Amplitud eix anteroposterior (cm) | 15,8 ± 1,7 | 10,7 ± 2,6 *** |
| Velocitat mitjana (cm/s) | 6,2 ± 1,2 | 4,6 ± 1,2 ** |
| Rectitud eix mediolateral (cm) | 0,60 ± 0,14 | 0,74 ± 0,25 (NS) |
| Rectitud eix anteroposterior (cm) | 0,85 ± 0,45 | 0,83 ± 0,15 (NS) |

NS: no significatiu.

** p < 0,01; *** p < 0,001.

cens del centre de gravetat en el contramoviment ($r = -0,75$; $p < 0,05$). L'alçada de descens en el contramoviment i la força en el contramoviment foren majors en els joves ($p < 0,05$).

A la taula 3 s'exposen les variables obtingudes en el test estàtic amb escuma comparant els joves i els ancians. Tant l'àrea del recorregut del COP com el rang mediolateral i anteroposterior van ser menors en els joves ($p < 0,01$). Tanmateix, tot i que la diferència de la velocitat mitjana de desplaçament del COP no fou significativa, en els joves fou major. Finalment, el grup d'ancians mostrà majors valors de forces mediolaterals que el grup de joves ($p < 0,01$). A la taula 4 es mostren els resultats de les variables del test de límits d'estabilitat postural. L'àrea del COP, la màxima amplitud anteroposterior, la màxima amplitud mediolateral i la velocitat mitjana del desplaçament del COP foren majors en el grup de joves ($p < 0,01$).

Discussió

La discussió s'ha estructurat en: la força mesurada en el salt, l'equilibri postural i la correlació entre força i equilibri. El present estudi demostra que el grup d'ancians actius físicament, tot i que té disminuïda la capacitat de produir força explosiva de les extremitats inferiors, en conserva nivells acceptables, però la produeix amb rangs de moviment molt petits, fet que mostra nivells de rigidesa elevats.

Força mesurada en el salt

El grup d'ancians estudiat saltava menys que els grups d'ancians asiàtics d'edats similars d'altres treballs, tot i que més que el grup de danesos de Larsen et al.²⁵ (taula 1). Els ancians asiàtics tenien masses corporals molt inferiors als ancians del nostre estudi (al nostre estudi: $80,1 \pm 12,3$ kg; Wang et al.²³: $66,7 \pm 8,87$ kg; Liu et al.²²: $61,7 \pm 9,3$ kg). Probablement els diferents hàbits de dieta i exercici entre les cultures asiàtica i europea podrien explicar aquestes diferències.

En el nostre estudi el grup d'ancians s'ajupí menys en el contramoviment que el grup de joves ($p < 0,05$) i presentà més rigidesa ($p < 0,01$). Liu et al.²² descriuen menor rigidesa ($p < 0,01$) en el contramoviment del CMJ en el grup d'ancians ($1,72 \pm 0,78$ kN/m) respecte a un grup de joves ($2,44 \pm 0,52$ kN/m). Tanmateix, els ancians de l'estudi de Liu et al.¹⁹ s'ajupiren gairebé el doble en el contramoviment ($0,32 \pm 0,08$ m) que els del nostre estudi ($0,18 \pm 0,08$ m), i això explica que presentessin menor rigidesa que els ancians estudiats. Donat que en el nostre estudi la rigidesa del grup d'ancians es correlacionava negativament amb el descens del centre de gravetat, se'n desprèn que si s'aconsegüís que s'ajupissin més, els disminuiria la rigidesa. A més, s'aconseguiria una major amplitud en el rang de moviment funcional de les extremitats inferiors, que possiblement tindria efectes beneficiosos en l'increment del control de l'equilibri postural.

Taula 5 Comparació de les amplituds aconseguides en el test de límits d'estabilitat entre joves i ancians en l'estudi de Baydal-Bertomeu et al.²⁸ i el realitzat en aquest estudi (Actual)

| | Joves | | Ancians | |
|----------------------------------------|-----------------|------------|-----------------|------------|
| | Baydal-Bertomeu | Actual | Baydal-Bertomeu | Actual |
| Amplitud de l'eix mediolateral (cm) | 10,27 ± 0,79 | 21,2 ± 2,3 | 7,06 ± 0,72 | 14,8 ± 4,0 |
| Amplitud de l'eix anteroposterior (cm) | 13,91 | 15,8 ± 1,7 | 8,64 | 10,7 ± 2,6 |

Equilibri postural

En el test d'equilibri estàtic sobre escuma els joves obtingueren àrees menors ($4,02 \pm 1,09 \text{ cm}^2$; $p < 0,01$) que els ancians ($7,08 \pm 1,79 \text{ cm}^2$) (taula 3). A la inversa, en el test dels límits d'estabilitat els joves van obtenir àrees significativament majors ($168,50 \pm 32,26 \text{ cm}^2$; $p < 0,001$) que els ancians ($32,70 \pm 37,54 \text{ cm}^2$) (taula 4). Cal remarcar que en el nostre test tant els joves com els ancians presentaven unes amplituds mediolaterals i anteroposteriors majors que la mostra de Baydal-Bertomeu et al.²⁸ (taula 5). No obstant això, s'ha de tenir en compte que Baydal-Bertomeu et al. col·locaren el subjecte amb les puntes dels peus separades 30° i els talons en contacte, i en el nostre estudi les puntes dels peus se separaven 40° i els talons no estaven en contacte.

D'altra banda, en el test d'equilibri estàtic el grup d'ancians mostrà valors mitjans de forces mediolaterals més grans que el grup de joves ($p < 0,01$) (taula 3). Aquests resultats són compatibles amb la menor velocitat de desplaçament del COP dels ancians (no significativa) i la major àrea escombrada ($p < 0,001$). En canvi, la mitjana de forces anteroposteriors ha estat similar entre els grups de joves i ancians. Aquests resultats podrien indicar pitjors respostes reequilibradores de maluc que de turmell en els ancians, cosa que caldria tenir en compte a l'hora de fer-los treballar l'equilibri postural.

En ambdós tests d'equilibri els joves obtingueren majors velocitats mitjanes de desplaçament del COP que els ancians, però la diferència només fou significativa ($p < 0,01$) en el test dels límits d'estabilitat. Cal remarcar que en el test dels límits d'estabilitat no hi hagué diferències quant a la rectitud en cap dels eixos entre els 2 grups.

Correlació entre força i equilibri

En el nostre estudi no s'ha trobat una correlació significativa entre els tests de força i equilibri en cap dels 2 grups estudiats. No obstant això, en el grup d'ancians es veié una correlació de l'alçada del salt amb l'amplitud mediolateral mínima i no significativa ($r = 0,53$). En el grup d'ancians també correlacionà lleument i no de forma significativa el pic de potència amb l'àrea, la velocitat mitjana de desplaçament del COP i l'amplitud mediolateral del test dels límits d'estabilitat: $r = 0,53$, $r = 0,50$ i $r = 0,59$, respectivament. Una hipòtesi sobre la falta de correlació entre les variables de força i equilibri dels ancians del nostre estudi podria ser que no tenien uns nivells de força crítics que els

suposessin dificultats per equilibrar-se, cosa que succeïa en els ancians de l'estudi d'Izquierdo et al.²⁶.

Conclusions

- En el salt amb contramoviment el grup d'ancians obtingué alçades menors, menors pics de potència mecànica en la batuda i major rigidesa de les extremitats inferiors en el contramoviment. En el test d'equilibri estàtic van cobrir àrees majors i rangs de desplaçament del centre de pressions majors. Finalment, obtingueren amplituds menors que els joves en el test de límits de l'estabilitat.
- En cap dels 2 grups estudiats no s'obtingueren correlacions significatives entre les variables de força i d'equilibri. L'aparició de relacions entre aquestes variables en els ancians s'ha associat a nivells crítics de força per realitzar les activitats quotidianes i amb el risc de patir caigudes.
- El grup d'ancians presentà major rigidesa de les extremitats inferiors en la batuda del salt que la descrita en el grup d'ancians asiàtics. El grau menor de descens del centre de gravetat en la batuda és el responsable d'aquests valors. Si els nostres ancians milloressin el rang de moviment funcional de les extremitats inferiors, probablement s'aproximarien als valors de rigidesa del grup d'asiàtics, cosa que podria tenir repercussions positives en l'equilibri postural.

Finançament

Aquest treball ha estat realitzat amb una beca de col·laboració d'estudiants en departaments universitaris del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (referència: EDU/1799/2010) i un projecte del Consejo Superior de Deportes (referència: 089/UPB 10/12).

Conflicte d'interessos

Els autors declaren que no tenen cap conflicte d'interessos.

Agraïments

Agraïm la col·laboració del complex esportiu municipal Alhóndiga Sector III de Getafe, als ancians de les classes de

natació del centre i als alumnes de la Facultat de Ciències del Deporte de Toledo.

Bibliografia

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, Shannnon 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. Perhonen 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, Pratley 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. Percentage 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;45:209-19.
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.