

# apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



ORIGINAL

## Diferències en test d'equilibri estàtic entre les extremitats amb i sense badall articular de turmell

Laura Martín-Casado<sup>a,\*</sup>, Juan Avendaño-Coy<sup>b</sup>, José Luis López Elvira<sup>c</sup>, José Manuel Fernández Rodríguez<sup>b</sup>, Luis M. Alegre<sup>a</sup> i Xavier Aguado<sup>a</sup>

<sup>a</sup> *Facultad de Ciencias del Deporte, Grupo de Biomecánica Humana y Deportiva, Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo, Espanya*

<sup>b</sup> *Escuela Universitaria de Enfermería y Fisioterapia, Grupo de Biomecánica Humana y Deportiva, Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo, Espanya*

<sup>c</sup> *Centro de Investigación del Deporte, Grupo de Investigación en Comportamiento Motor, Universidad Miguel Hernández, Elx, Espanya*

Rebut el 29 de maig de 2009; acceptat el 19 d'octubre de 2009

### PARAULES CLAU

Esquinç de turmell;  
Control postural;  
Centre de pressions;  
Estimulació elèctrica;  
Biomecànica

### Resum

**Objectiu:** Analitzar les diferències intrasubjecte entre una extremitat que va presentar signe de badall articular al turmell, fruit d'una lesió prèvia d'esquinç lateral, respecte d'una extremitat sense badall.

**Material i mètodes:** Van prendre part en l'estudi 14 subjectes voluntaris (6 dones i 8 homes), esportistes, amb una mitjana d'edat de  $19,9 \pm 3,8$  anys. Es va mesurar el rang de moviment del turmell d'una manera estàtica i passiva, i el desplaçament del centre de pressions durant un test d'equilibri monopodal sobre una plataforma de forces (durada de 60 s), en tres condicions: sobre plataforma, sobre escuma i aplicant estimulació elèctrica neuromuscular al múscul tibial anterior.

**Resultats:** El rang de desplaçament del centre de pressions en l'eix anteroposterior va ser més gran a l'extremitat amb badall en el test sobre escuma (badall =  $60,9 \pm 14,3$  mm; sense badall =  $51,8 \pm 9,5$  mm) ( $p < 0,05$ ). La posició mitjana del centre de pressions de l'extremitat amb badall es va situar significativament més medial en els 3 tests ( $p < 0,05$ ) i més posterior en el test amb escuma ( $p < 0,01$ ). En el test amb electroestimulació, el recorregut total (badall =  $3.097,4 \pm 889,3$  mm; sense badall =  $3.329,3 \pm 996,6$  mm) i la velocitat mitjana (badall =  $51,6 \pm 15,1$  mm/s; sense badall =  $55,1 \pm 17,0$  mm/s) van ser més grans a l'extremitat sense badall ( $p < 0,05$ ).

\*Autor per a correspondència.

Correu electrònic: laura.martincasado@uclm.es (L. Martín-Casado).

**Conclusió:** En augmentar la dificultat dels tests, van augmentar les diferències entre ambdues extremitats. L'extremitat amb badall va modificar la posició del centre de pressions, tot situant-se de forma més medial i posterior.

© 2009 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicat per Elsevier España, S.L. Tots els drets reservats.

## KEYWORDS

Ankle sprain;  
Postural control;  
Centre of pressures;  
Electrical stimulation;  
Biomechanics

## Between limb differences during static balance tests with and without permanent ligament loosening

### Abstract

**Objective:** The purpose of this study was to analyse within subject differences in a number of static balance tests, performed during monopodal stance.

**Material and methods:** The tests were carried out comparing the ankle with a previous lateral ligament injury (with permanent ligament loosening) and the one without ligament loosening. Fourteen volunteer subjects were recruited for the study (6 women and 8 men), all of them physically active, with a mean age of  $19.9 \pm 3.8$  years. The measurements included the ankle range of motion (static and passive), and the path of the centre of pressures during a monopodal balance test on a force platform (60 s last), in three different conditions: on the platform, on a foam pad and during the application of electrical stimulation on the tibialis anterior muscle.

**Results:** The antero-posterior path of the centre of pressures was greater in the previously injured limb in the test on the foam pad (injured =  $60.9 \pm 14.3$  mm; uninjured =  $51.8 \pm 9.5$  mm) ( $p < 0.05$ ). The mean position of the centre of pressures in the injured limb was more medial during the three tests ( $p < 0.05$ ) and more posterior in the test on the foam pad ( $p < 0.01$ ). In the test with electrical stimulation, the total path of the centre of pressures (injured =  $3097.4 \pm 899.3$  mm; uninjured =  $3329.3 \pm 996.6$  mm) and its average velocity (injured =  $51.6 \pm 15.1$  mm/s; uninjured =  $55.1 \pm 17.0$  mm/s) were significantly greater in the uninjured limb ( $p < 0.05$ ).

**Conclusions:** In conclusion, when the tests became more challenging, the differences between injured and uninjured limbs were greater. The position of the injured extremity was more medial and posterior during the static tests.

© 2009 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

## Introducció

Una de les lesions més comunes en l'esport i també en l'àmbit laboral, del lleure i domèstic és l'esquinç lateral de turmell. A Espanya es produeixen 1.631.877 casos d'esquinços cada any<sup>1</sup>, lesió que provoca llargs períodes d'inactivitat i pèrdues econòmiques a clubs esportius i a serveis d'Urgències i d'atenció primària. El 85% són conseqüència d'un moviment forçat d'inversió<sup>2</sup>. S'ha calculat que les recidives superen el 80% i que fins al 40% dels esquinços poden acabar en inestabilitat crònica<sup>4,5</sup> que comporta debilitat muscular, laxitud lligamentosa i dèficits propioceptius i de control postural<sup>6</sup>, tot condicionant el desenvolupament de l'activitat esportiva i fins i tot de l'activitat quotidiana<sup>7</sup>.

A més dels accidents (com ara trepitjar el peu d'un altre jugador) i de les característiques pròpies de molts esports (canvis bruscos de velocitat, acceleració i direcció), hi ha característiques dels subjectes que poden afavorir o reduir la incidència d'aquestes lesions. Entre aquestes, algunes poden ser entrenables, com per exemple la propiocepció, la força i l'equilibri.

Certes característiques de l'equilibri postural s'han vinculat amb l'origen d'aquestes lesions. La majoria dels estudis que s'han fet relacionen dèficits en l'equilibri amb el risc de patir un esquinç de turmell<sup>3,8,9</sup>. Trop et al<sup>10</sup>, en un estudi amb 127 jugadors de futbol, van trobar que els que mostraven problemes d'equilibri tenien un risc fins a 4 vegades més gran de tenir una lesió de turmell que no pas els jugadors amb un equilibri normal. Freeman et al<sup>6</sup> suggereixen que aquesta afectació en el control postural podria venir donada per una alteració de l'activitat reflexa de la resposta muscular. Diversos autors han demostrat que haver patit un esquinç es relaciona amb una activació muscular menor i amb un més gran temps de latència en els músculs peroneal llarg (pronador i flexor plantar) i tibial anterior (supinador i flexor plantar)<sup>8,11-13</sup>.

També han estat diversos els mètodes emprats per crear inestabilitat. Vaes et al<sup>14</sup> van fer un estudi amb 81 voluntaris en què van comparar subjectes amb turmells inestables respecte d'altres amb turmells sans. Van utilitzar una plataforma de forces que imprimia una inversió sobtada de 50 graus i van concloure que els turmells inestables tenien menys con-

trol en la velocitat durant el moviment. Altres autors han utilitzat equilibris sobre superfícies inestables (discos d'equilibri i diferents escumes), ja que el control postural està influenciat per la superfície de recolzament<sup>15</sup>.

Un altre mètode desestabilitzador és el que utilitza Rietdyk<sup>16</sup>, el qual va aplicar forces laterals sobre el subjecte per crear-li una certa inestabilitat. Però la limitació a l'hora d'estandarditzar aquesta mena de test dificulta la reproductibilitat dels resultats. Per últim, s'han trobat estudis en què la inestabilitat es crea a partir d'estimulació elèctrica, ja sigui neuromuscular, aplicant-la sobre el múscul peroneal llarg<sup>17,18</sup>, o nerviosa, sobre el nervi tibial<sup>19</sup>. L'inconvenient d'estimular el nervi tibial és que quan s'innerven diverses ventres musculars es perd especificitat en el test.

L'habilitat per mantenir l'equilibri es basa en els sistemes visual, vestibular i cinestèsic. Aquest darrer inclou informació propioceptiva i exteroceptiva, que es veuen afectades per les característiques de cada subjecte<sup>10</sup>. L'esquinç de turmell danya els propioceptors de la càpsula i els lligaments articulars, tot podent perjudicar l'equilibri a l'extremitat afectada<sup>6</sup>. Aquestes alteracions es poden reflectir en els tests d'equilibri sobre plataforma de forces<sup>20-22</sup>. En aquests tests s'estudien les àrees d'escombrada de la projecció del centre de gravetat sobre el sòl (centre de pressions [COP]). Aquestes àrees es poden estudiar, d'una manera més analítica, separant els moviments de l'eix anteroposterior (AP) i el mediolateral (ML). En aquest cas s'analitza el rang de desplaçament en cadascun dels eixos. D'altra banda, es pot estudiar el recorregut total que abasta el COP. Un recorregut gran en una àrea petita és sinònim de desplaçaments ràpids i precisos, compatibles amb un bon ajustament postural. En canvi, els grans rangs en cadascun dels eixos i les grans àrees es donen en equilibris deficients.

La majoria dels estudis duts a terme comparen subjectes sans amb subjectes que hagin tingut un esquinç de turmell<sup>13,14,17,18,23</sup>, i els resultats es poden veure influenciats per factors individuals. Tanmateix, només hem trobat 3 treballs que comparen una extremitat sana amb una de lesionada en el mateix subjecte<sup>8,9,24</sup>. L'avantatge de la comparació intrasubjecte és que els resultats no es veuran condicionats per diferències en els sistemes visuals, vestibulars i en aprenentatges previs d'equilibris entre uns subjectes i d'altres. D'altra banda, malgrat haver recuperat la funcionalitat de l'articulació, el turmell lesionat podria presentar mancances en l'equilibri, que es podrien detectar en aquest model d'estudi i que podrien millorar-se amb una recuperació funcional més específica.

Després de la revisió bibliogràfica s'ha establert com a objectiu analitzar les diferències intrasubjecte entre una extremitat que presenti un turmell amb badall articular, fruit d'una lesió prèvia (malgrat que amb funcionalitat recuperada), davant d'una extremitat sense badall, en una bateria de tests d'equilibri estàtic en recolzament monopodal.

## Metodologia

### Subjectes

En l'estudi van prendre-hi part voluntàriament 14 subjectes (6 dones i 8 homes), esportistes i, alhora, estudiants d'una

facultat de ciències de l'esport, amb una mitjana d'edat, altura i massa corporal de  $19,9 \pm 3,8$  anys,  $171,0 \pm 7,4$  cm i  $66,1 \pm 6,7$  kg, respectivament. Mitjançant anamnesi i exploració es van descartar possibles problemes neurològics, musculoesquelètics, visuals o vestibulars. Es va fer l'exploració d'ambdós turmells a càrrec d'un fisioterapeuta experimentat, cegat durant tota l'exploració, i van participar en l'estudi els subjectes als quals es va diagnosticar badall articular solament en una de les extremitats, com a conseqüència d'un esquinç de turmell de grau 2 o 3, malgrat que amb activitat funcional del tot recuperada. També es va mesurar el rang de moviment (ROM) estàticament i passivament, a càrrec del mateix fisioterapeuta, amb el subjecte estirat en decúbit pron damunt d'una llitera. En aquestes condicions es van mesurar la pronació, la supinació, la flexió i l'extensió màximes en ambdós turmells.

Tots els subjectes van ser informats dels objectius i de les característiques de l'estudi, i van signar un consentiment de participació en la recerca. L'estudi va ser aprovat pel Comitè Ètic d'Investigació Clínica de l'Hospital Universitari de Albacete.

### Instruments

Per mesurar les característiques descriptives es va emprar una bàscula de peu model 220 (SECA, Alemanya) i un tallímetre model 220 (SECA, Alemanya). Per obtenir la petja plantar es va utilitzar revelador, fixador i paper fotogràfic. Per mesurar el ROM es va utilitzar un goniòmetre manual amb sensibilitat d'1 grau (Cefar, Compex, Espanya). Per fer els tests d'equilibri es va utilitzar una plataforma de forces 9281 CA (Kistler, Suïssa) i una escuma model Balance-pad (AIREX, EJA). Per als tests amb estimulació elèctrica neuromuscular es va utilitzar un equip digital model Endomed 932 (Enraf-Nonius Ibérica, Espanya).

### Protocols

Tots els subjectes van dur a terme una sessió de familiarització prèvia als tests. A més de fer-hi la bateria de tests d'equilibri, es va determinar el lliandar d'intensitat del múscul. Es van col·locar 2 elèctrodes de 2,5 per 5 cm al ventre muscular del tibial anterior segons la tècnica bipolar, actuant directament sobre les fibres fàsiques. El lliandar es va establir augmentant la intensitat dels estímuls elèctrics neuromusculars progressivament fins a assolir-ne la màxima tolerada per cada individu, i mesurant-ho tant a l'extremitat sana com a la lesionada.

En la sessió de mesurament es va dur a terme una bateria de tests d'equilibri estàtic en recolzament monopodal sobre la plataforma de forces. Tots els tests es van fer tant sobre l'extremitat sana com també sobre la que va mostrar badall, amb la mirada posada en una diana situada al davant en una paret a 195,5 cm del centre de la plataforma. Els tests van començar amb les espatlles en abducció de 90 graus (braços en creu), tot podent utilitzar-los després per equilibrar-se. L'extremitat recolzada al sòl es va situar amb una mínima flexió del genoll (5-10 graus) i l'altra lliure, flexionada sense tocar la plataforma, ni l'extremitat recolzada. Els tests es van fer en 3 condicions diferents: directament sobre la plataforma, sobre escuma i sobre la

plataforma amb estimulació elèctrica neuromuscular (fig. 1). En aquesta darrera se subministraven al subjecte inesperadament 5 trens d'impulsos de 4 s amb una freqüència de 80 Hz, tot variant el període descans entre els trens. En els tests sense escuma el subjecte es col·locava en recolzament sobre el seu fotopodograma, prèviament ajustat respecte de la plataforma, mentre que en els tests amb escuma es va ajustar la petja amb una plantilla de col·locació. La durada de tots els tests d'equilibri va ser de 60 s, i es van recollir sempre els registres de força amb una freqüència de mostreig de 50 Hz<sup>3,8</sup>. Tant l'ordre dels tests com l'ordre de l'extremitat amb què es va fer el test es va establir d'una manera aleatòria.

## Variabls

Es van obtenir els ROM estàtic i passiu de pronació, supinació, flexió i extensió. Amb el programa d'AreaCalc 2.61 es van obtenir les petges plantars, l'àrea de la base de sustentació, l'àrea de l'avantpeu, el peu medial i el postpeu i l'Arch Index, tant en l'extremitat sana com en l'extremitat lesionada<sup>25</sup> (taula 1). L'Arch Index és una valoració de la



**Figura 1** Les tres condicions del test d'equilibri. A) Sobre plataforma. B) Sobre escuma. C) Amb estimulació elèctrica neuromuscular. En les imatges inferiors s'observa l'ajustament de la petja al sistema de referència. Per fer-ho, en A i C es va utilitzar el fotopodograma, mentre que en B es va utilitzar una plantilla de fusta.

petja plantar que s'obté amb la ràtio entre l'àrea del peu medial i l'àrea total de la petja<sup>26</sup>. Es va calcular el rang de desplaçament i la mitjana de desplaçament del COP en l'eix ML i en l'eix AP, el recorregut total acumulat, l'àrea escombrada i la velocitat mitjana de desplaçament del COP (taula 2). Es va utilitzar un sistema de referències originat al lloc de tall del traç inicial (que coincideix amb l'aresta interna de la base de sustentació) amb la línia 2'<sup>27</sup> (fig. 2).

## Estadística

Les dades van ser analitzades amb el paquet estadístic Statistica 7.0 per a Windows (StatSoft, EUA). Es van dur a terme proves de normalitat (Lilliefors), de curtosi o apuntament (Kurtosis) i de simetria (Skewness) per a l'estudi de la distribució de les variables.

Es van fer proves T per a les dades emparellades, d'una sola cua, per determinar les diferències entre l'extremitat amb i sense badall articular del turmell. Es va establir el nivell de significació mínim de  $p < 0,05$ . L'estadística descriptiva va incloure mitjanes i desviacions típiques.

## Resultats

Es va obtenir una distribució normal en totes les variables estudiades. Els valors de les variables del COP en els diversos tests d'equilibri es mostren en la taula 2. El rang de desplaçament del COP en l'eix AP va ser significativament més gran a l'extremitat amb badall en el test realitzat directament sobre escuma ( $p < 0,01$ ). La posició mitjana de desplaçament del COP a l'extremitat amb badall es va situar significativament més medial en el test sobre la plataforma ( $p < 0,01$ ), en el test sobre escuma ( $p < 0,01$ ) i en el test amb electroestimulació ( $p < 0,05$ ). En l'eix AP tan sols es van obtenir diferències en el test sobre escuma ( $p < 0,05$ ), en què el COP es va situar més posterior en l'extremitat amb badall. Tant el recorregut total acumulat com la velocitat mitjana del COP van ser significativament més grans en el test amb estimulació elèctrica neuromuscular en l'extremitat sense badall ( $p < 0,05$ ).

En comparar ambdues extremitats en els períodes en què s'aplica estimulació elèctrica neuromuscular, vam obtenir diferències en l'eix ML en el rang de desplaçament del COP (badall =  $29,9 \pm 5,9$  mm; sense badall =  $31,6 \pm 7,1$  mm;

**Taula 1** Valors mitjans i desviacions típiques de les variables relacionades amb les característiques de la petja plantar. Els nivells de significació s'estableixen entre les extremitats amb badall articular i sense al turmell

	Àrea base de sustentació (mm <sup>2</sup> )	Àrea de l'avantpeu (mm <sup>2</sup> )	Àrea del peu medial (mm <sup>2</sup> )	Àrea del postpeu (mm <sup>2</sup> )	Arch Index
Extremitat amb badall	15.589,04 (1.286,19)*	4.154,65 (487,55)	1.986,39 (869,83)	2.752,60 (226,34)	0,21 (0,07)
Extremitat sense badall	15.802,31 (1.346,27)	4.202,10 (494,97)	2.037,75 (859,28)	2.751,50 (278,89)	0,22 (0,07)

\*Nivell de significació:  $p < 0,05$ .

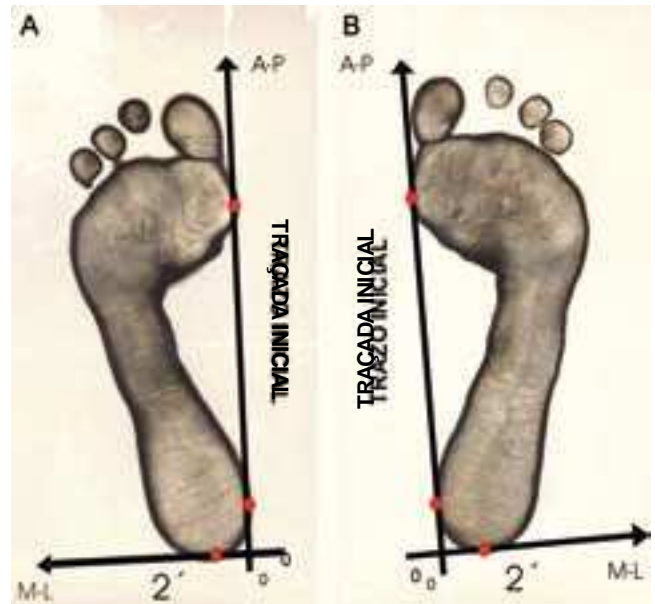
**Taula 2** Mitjana i rang de desplaçament del centre de pressions en l'eix anteroposterior i mediolateral i les seves desviacions típiques. Recorregut total del desplaçament del centre de pressions i desviació típica. Àrea d'escumbra pel centre de pressions i desviació típica. Els nivells de significació s'estableixen comparant les mateixes proves i les variables entre les extremitats amb badall articular i sense badall articular al turmell.

	Extremitat amb badall				Extremitat sense badall			
	Plataforma	Escuma	EE		Plataforma	Escuma	EE	
Rang del desplaçament AP (mm)	48,21 (7,04)	60,86 (14,32)**	67,99 (16,19)		51,15 (8,92)	51,84 (9,53)	62,21 (12,69)	
Rang del desplaçament ML (mm)	33,76 (4,57)	35,88 (8,48)	33,55 (5,58)		31,64 (5,24)	37,77 (9,40)	35,50 (7,42)	
Mitjana del desplaçament AP (mm)	102,10 (35,10)	126,30 (12,10)*	105,30 (37,80)		108,50 (22,80)	128,40 (10,70)	110,10 (23,20)	
Mitjana del desplaçament ML (mm)	32,30 (10,00)**	37,60 (11,20)**	32,90 (11,90)*		47,80 (13,00)	53,00 (7,60)	48,80 (12,90)	
Recorregut total acumulat (mm)	2.679,30 (797,32)	3.336,15 (1.310,72)	3.097,47 (899,35)*		2.704,38 (614,74)	3.393,17 (1.146,10)	3.329,35 (996,60)	
Velocitat mitjana (mm/s)	44,52 (13,32)	57,14 (20,20)	51,61 (15,17)*		45,02 (10,31)	56,51 (19,13)	55,19 (17,00)	
Àrea d'escumbra (mm <sup>2</sup> )	808,18 (213,38)	1.066,09 (739,02)	1.136,94 (415,59)		779,71 (312,90)	982,81 (424,75)	1.115,96 (411,40)	

AP: anteroposterior; EE: estimulació elèctrica neuromuscular; ML: mediolateral.

\* Nivell de significació: p<0,05.

\*\* Nivell de significació: p<0,01.



**Figura 2** Sistema de referències originat al lloc de tall del traç inicial (que coincideix amb l'aresta interna de la base de sustentació) amb la línia 2'. El traç inicial és la línia que uneix la prominències de l'avantpeu i del peu medial a la vora interna de la petja, mentre que la línia 2' és perpendicular al traç inicial, passant pel punt més posterior de la petja. A) Petges plantars del peu esquerre. B) Petges plantars del peu dret; i els eixos cartesianes AP (anteroposterior) i ML (mediolateral) originats en aquest lloc (0,0).

p<0,05) i en la posició medial del COP (bdall = 33,1 ± 12,0 mm; sense badall = 49,3 ± 13,3 mm; p<0,05).

L'àrea de la base de sustentació de l'extremitat amb badall va ser menor que la de l'extremitat sense badall (p<0,05) (taula 1).

### Discussió

Dels 14 subjectes de l'estudi, 9 eren dretans i van patir la lesió a l'extremitat no dominant (64%). Que es lesioni més l'extremitat no dominant podria estar relacionat amb factors com dèficits de força o coordinació en aquesta extremitat, que no han estat objecte d'estudi i que es podria afrontar en treballs futurs.

No es van trobar diferències significatives en mesurar el ROM de forma estàtica i passiva en la pronació (badall = 11,5 ± 6,1 graus; sense badall = 8,8 ± 5,4 graus), la supinació (badall = 37,6 ± 9,0 graus; sense badall = 37,6 ± 9,0 graus), la flexió (badall = 27,4 ± 8,9 graus; sense badall = 25,3 ± 4,3 graus) i l'extensió (badall = 39,5 ± 8,0 graus; sense badall = 40,3 ± 11,3 graus). Malgrat que les extremitats prèviament lesionades van mostrar signe de badall articular, en ser explorades als seus eixos de flexoextensió i pronosupinació, no van mostrar diferències amb les sanes. A més, en ser interrogats en l'anamnesi, 4 subjectes van contestar haver-se lesionat l'extremitat que no presentava signe de badall articular. És a dir, en 4 subjectes hi va haver discordança entre l'anamnesi i l'exploració clínica

del badall articular. Això podria venir donat perquè el turmell que presentava badall articular hagués patit un esquinç, fins i tot amb recidiva, que s'hagués produït amb simptomatologia mínima i, en canvi, que el subjecte recordés com a esquinç una lesió solament de grau 1 (per bé que més aparatosa) a l'extremitat sana.

Per a futures recerques seria interessant mesurar el ROM dinàmic en moviments propis d'accions esportives, com ara canvis de direcció o caigudes de salt. Això podria aportar informació valuosa, ja que hi ha autors que no troben correlació entre el ROM dinàmic mesurat en accions esportives i l'estàtic<sup>28</sup>.

La discussió d'aquest treball s'ha dividit en 6 apartats. Els 5 primers tracten de variables relacionades amb el COP: amplitud, posició, recorregut i velocitat, àrees escombrades i períodes del test dut a terme amb estimulació elèctrica neuromuscular. L'últim apartat analitza les petges plantars i la base de sustentació monopodal.

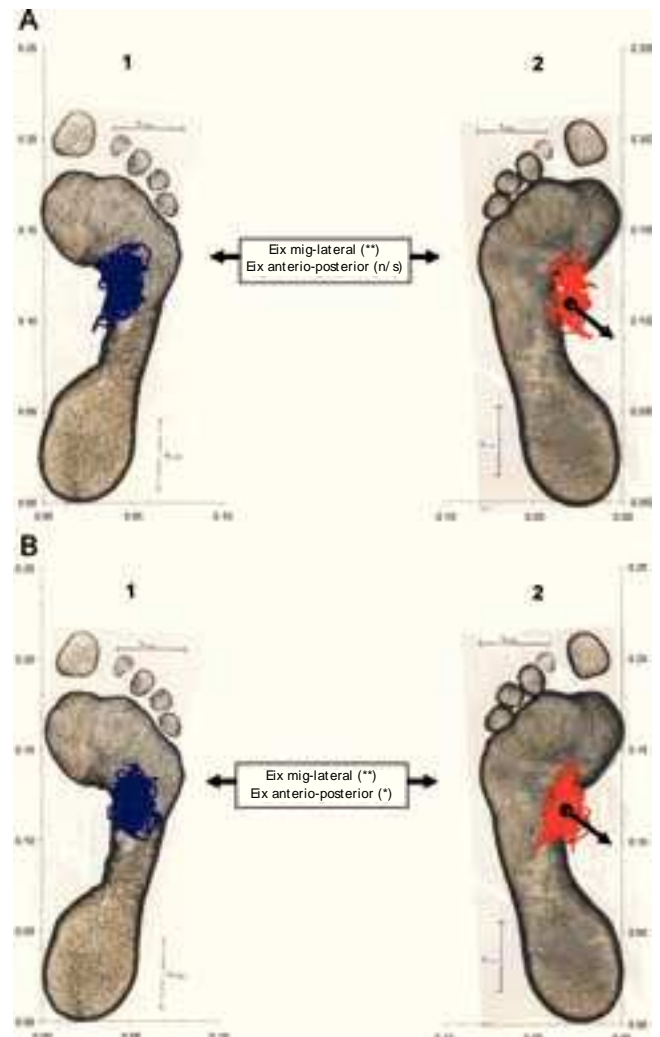
### Amplitud

En tots els tests els "rangs de desplaçament del COP" en l'eix ML van ser semblants en ambdues extremitats (amb badall i sense). Les diferències més grans es van obtenir en l'eix AP, que van ser significativament més grans en el test sobre escuma a l'extremitat amb badall ( $p < 0,05$ ). Aquests resultats concorden amb els de Hertel et al<sup>3</sup>, que van obtenir rangs de desplaçament del COP més grans a l'extremitat lesionada en comparar ambdues extremitats en subjectes que havien tingut un esquinç de turmell. La realització del test sobre escuma augmenta considerablement la dificultat per la inestabilitat de la superfície de recolzament. Croft et al<sup>15</sup> van estudiar les variacions en el moviment del COP en 3 superfícies diferents: sòlida, escuma i disc d'equilibri; van concloure que les superfícies més inestables (escuma i disc) mostraven valors més grans per al ROM, tant en l'eix ML com AP. Aquest treball i la bibliografia que s'ha referenciat apunten una pèrdua de control postural del turmell amb badall, que de vegades només s'esdevé en un eix i que es magnifica en fer el test sobre superfícies inestables.

En nous estudis serà convenient triar solament tests de certa dificultat (com el d'escuma) que puguin ajudar a discriminar entre l'extremitat lesionada i l'extremitat no lesionada. Si es triés un test més fàcil, com s'ha esdevingut directament sobre el sòl, pot passar que no provoqui el desequilibri suficient que ens permeti discriminar aquestes diferències. Seria igualment interessant en estudis futurs no solament augmentar la dificultat dels tests estàtics, sinó avaluar tests dinàmics que podrien remarcar diferències més grans entre turmells amb badall articular i sense.

### Posició

Durant la realització dels tests, la "posició medial del COP" a l'extremitat amb badall es va situar significativament més medial (més propera al traç inicial) ( $p < 0,05$ ). Pot ser que el subjecte experimenti una certa por o precaució que el dugui, a l'extremitat que es va lesionar, a situar el centre de pressions cap endins de la petja (posició més medial). Així evita una posició del COP més lateral, que es produeix quan el turmell està supinat (moviment que pren durant l'esquinç extern).



**Figura 3** Recorreguts del centre de pressions del mateix subjecte a l'extremitat sense badall (1) i amb badall articular en el turmell (2). Les figures A corresponen als tests realitzats directament sobre la plataforma de forces, i les figures B corresponen als tests realitzats sobre escuma. El centre de pressions es va desplaçar cap endins i enrere de l'extremitat amb badall. Nivell de significació: n/s= no significatiu; \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ .

En l'eix AP, també en tots els tests, la posició mitjana del COP del turmell amb badall es va sentir més endarrerida, malgrat que només va ser significativa en el test amb escuma ( $p < 0,05$ ) (fig. 3). Hertel et al<sup>3</sup> opinen que quan el COP se situa més posterior, crea una inestabilitat més gran. En aquest estudi no han aparegut correlacions entre la posició medial i el recorregut total acumulat del COP, per la qual cosa no podem contrastar els resultats de Hertel et al.

### Recorregut i velocitat

El "recorregut total acumulat" i la "velocitat mitjana de desplaçament del COP" presentaven valors similars entre l'extremitat amb badall i sense badall, tant en el test realitzat sobre plataforma, com sobre escuma. En canvi, en el test amb estimulació elèctrica neuromuscular, ambdós va-

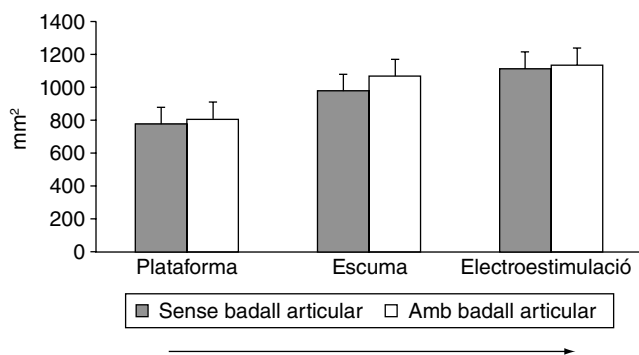
lors van ser significativament més elevats en l'extremitat sense badall ( $p < 0,05$ ).

Els turmells prèviament lesionats presenten llindars d'activació de la musculatura menors respecte del turmells sans i reaccionen més lentament. Beckman i Buchanan<sup>29</sup> van obtenir, després d'un moviment d'inversió en turmells que havien patit esquinços, alteracions en l'activació de la musculatura proximal de l'extremitat. Van concloure que aquests canvis eren conseqüència d'estratègies del maluc per mantenir la posició del peu. Santos et al<sup>18</sup>, en un estudi electromiogràfic en el qual s'exercia un moviment sobtat d'inversió a subjectes que havien tingut un esquinç, van observar que inhibien la musculatura distal i utilitzaven més la musculatura proximal.

### Àrees escombrades pel centre de pressions

En tots els tests es van obtenir més grans "àrees escombrades pel COP" a l'extremitat amb badall, malgrat que sense significació estadística (fig. 4). En el test directament sobre plataforma va ser un 3,65% més gran; en el test sobre escuma, un 8,47% i en el test amb estimulació elèctrica neuromuscular, un 1,87% més gran. Les diferències més remarcables entre l'extremitat amb badall i sense es van obtenir en el test realitzat amb escuma. Les diferències no van arribar a ser significatives, probablement per la variabilitat observada entre els subjectes. Les menors àrees es van registrar en el test sobre plataforma, tant a l'extremitat amb badall com sense, i les més grans (també en ambdues extremitats) es van registrar en el test amb estimulació elèctrica neuromuscular (taula 2).

Brown i Mynark<sup>19</sup> van comparar subjectes amb esquinç i sans en un test d'equilibri, tot estimulant el nervi tibial. Van observar que prèviament a l'electroestimulació els subjectes sans presentaven àrees d'escombrada més grans pel COP que no pas els lesionats, mentre que durant l'electroestimulació els subjectes lesionats van obtenir àrees més grans d'escombrada pel COP. En el nostre estudi



**Figura 4** Àrea d'escombrada pel centre de pressions ( $\text{mm}^2$ ) i l'error estàndard durant els tests duts a terme: 1) directament sobre plataforma (Plataforma); 2) sobre escuma (Escuma), i 3) amb estimulació elèctrica neuromuscular (Electroestimulació). Les àrees escombrades augmenten en la direcció de la fletxa, però les diferències més grans entre l'extremitat amb badall i sense s'obtenen en la condició del test realitzat sobre escuma (no significatives).

s'ha esdevingut el mateix amb l'electroestimulació, malgrat que sense electroestimulació (a diferència de l'estudi de Brown i Mynark) les extremitats sanes han presentat àrees més petites (no significatives).

### Estimulació elèctrica neuromuscular

La densitat mitjana de corrent va ser de 4,5 i de 4,4  $\text{mA}/\text{m}^2$  a l'extremitat amb badall i sense badall, respectivament, i no s'hi van trobar diferències significatives entre ambdues.

Si comparem aïlladament els períodes en què s'aplica electroestimulació, entre l'extremitat amb i sense badall, s'observa que el rang de desplaçament en l'eix AP amb prou feines varia. Només s'hi observen diferències en l'eix ML, en què és menor en el cas de l'extremitat amb badall ( $p < 0,05$ ). La posició medial del COP a l'extremitat amb badall està situada, igual que en la resta dels tests, més medial i posterior que a l'extremitat sense badall, tot fent-se significativa a l'eix ML ( $p < 0,05$ ). Això podria estar relacionat amb el que hem dit anteriorment, que pot intervenir-hi una certa por o precaució (conscient o inconscient) dels subjectes a patir una recidiva.

### Petges plantars i base de sustentació

En les "petges plantars" vam obtenir àrees més grans de recolzament a l'extremitat sense badall, tant en l'avantpeu com en el peu medial (no significatiu). L'Arch Index va ser un 4,5% més gran a l'extremitat sense badall (petja plantar més plana). Aquestes diferències, tot i ser no significatives, indiquen que l'"àrea de la base de sustentació" de l'extremitat sense badall és significativament més gran ( $p < 0,05$ ) (taula 1). No podem saber si les diferències entre l'extremitat amb badall i sense són prèvies o posteriors a la lesió. Si fossin prèvies, podrien estat involucrades en el mecanisme de la lesió, mentre que si fossin posteriors, serien conseqüència d'una adaptació.

### Conclusions

1. No s'han trobat diferències en els rangs de moviment del turmell de l'extremitat amb badall i sense badall mesurat de manera estàtica i passiva. En treballs futurs seria interessant estudiar el ROM durant tests dinàmics, que incloguin tècniques esportives concretes.
2. Les extremitats que presentaven signe de badall articular han modificat la posició mitjana del centre de pressions, tot situant-lo en una posició més medial (cap endins de la petja) i més posterior. A més, en el test amb electroestimulació, els músculs de l'extremitat amb badall s'han mostrat menys sensibles als períodes d'electroestimulació. Així, en aquests períodes hem obtingut recorreguts i velocitats del COP més petits en l'extremitat amb badall.
3. En augmentar la dificultat del test, han augmentat les diferències entre l'extremitat amb badall i sense. Potser els tests estàtics no siguin suficients, per difícils que siguin, per arribar a discriminar diferències. Per això, en treballs futurs seria interessant incloure tests dinàmics basats en gestos esportius.

4. Quan en una valoració es detecti el signe de badall en un turmell funcionalment recuperat, probablement presentará un pitjor control postural. En cas de confirmar-se, recomanaríem unes sessions d'entrenament per tal de corregir-ho.

## Bibliografia

- Ministerio de Sanidad. Encuesta Nacional de Salud de España 2006 [consultat 2/2/2009]. Disponible en: <http://www.msc.es/estadEstudios/estadísticas/encuestaNacional/encuesta2006.htm>.
- Morrison KE, Kaminski TW. Foot characteristics in association with inversion ankle injury. *J Athl Train.* 2007;42:135-42.
- Hertel J, Buckley WE, Denegar CR. Serial testing of postural control after acute lateral ankle sprain. *J Athl Train.* 2001;36:363-8.
- Karlsson J, Lansinger O. Lateral instability of the ankle joint. *Clin Orthop.* 1992;276:653-61.
- Vanmeerhaeghe AF, Tutusaus LC, Ruíz PA, Ortigosa NM. Efectos de un entrenamiento propioceptivo sobre la extremidad inferior en jóvenes deportistas jugadoras de voleibol. *Apunts: Medicina de l'Esport.* 2008;157:5-13.
- Freeman MA, Dean MR, Hanham IW. The etiology and prevention of functional instability of the foot. *J Bone Joint Surg.* 1965;47:678-85.
- Monrey G. Contribución de la biomecánica al entendimiento de la estabilización del tobillo y del pie. En: Pérez P, Llana S, editores. *Biomecánica aplicada a la actividad física y al deporte*, capítulo XI. Valencia: Ayuntamiento de Valencia; 2007.
- Isakov E, Mizrahi J. Is balance impaired by recurrent sprained ankle? *Br J Sports Med.* 1997;31:65-7.
- Akbari M, Karimi H, Farahani H, Faghihzadeh S. Balance problems after unilateral ankle sprains. *Rehab R&D.* 2006;43:819-24.
- Tropp H, Ekstrand J, Guillquist J. Stabilometry in functional instability of the ankle and its value in predicting injury. *Med Sci Sports Exer.* 1984;16:64-6.
- Isakov E, Mizrahi J, Solzj P, Susak Z, Lotem M. Responses of the peroneal muscles to sudden inversion of the ankle during standing. *Int J Sport Biomech.* 1986;2:100-9.
- Santos MJ, Liu W. Unloading reaction to electrical stimulation at neutral and supinated ankle positions. *Gait Posture.* 2007;26:106-12.
- Burnt D, Andersen JC, Huntsman B, Reinhert LB, Thorell AC, Sterling JC. Postural responses to lateral perturbation in healthy subjects and ankle sprain patients. *Med Sci Sports Exer.* 1992;24:147-76.
- Vaes P, Duquet W, Gheluwe BV. Peroneal reaction times and eversion motor response in healthy and unstable ankles. *J Athl Train.* 2002;37:475-80.
- Croft JL, Tschanner V, Zernicke RF. Movement variability and muscle activity relative to center of pressure during unipedal stance on solid and compliant surfaces. *Motor Control.* 2008;12:283-95.
- Rietdyk S, Patla AE, Winter DA, Ishac MG, Little CE. Balance recovery from medio-lateral perturbations of the upper body during standing. *J Biomech.* 1999;32:1149-58.
- Mora I, Quinteiro-Blondin S, Perót C. Electromechanical assessment of ankle stability. *Eur J Appl Physiol.* 2003;88:558-64.
- Santos MJ, Liu H, Liu W. Unloading reactions in functional ankle instability. *Gait Posture.* 2008;27:589-94.
- Brown CN, Mynark R. Balance deficits in recreational athletes with chronic ankle instability. *J Athl Train.* 2007;42:367-73.
- Tropp H. Comentario: Functional ankle instability revised. *J Athl Train.* 2002;37:512-5.
- Sahlstrand T, Ortengren R, Nachemson A. Postural equilibrium in adolescent idiopathic scoliosis. *Acta Orthop Scand.* 1978;49:354-65.
- Hrysmallis C. Relationship between balance ability training and sports injury risk. *Sports Med.* 2007;37:547-56.
- Gribble PA, Hertel J, Denegar CR, Buckley WE. The effects of fatigue and chronic ankle instability on dynamic postural control. *J Athl Train.* 2004;34:321-9.
- Patel M, Fransson PA, Lush D, Gómez S. The effect of foam surface properties on postural stability assessment while standing. *Gait Posture.* 2008;28:649-56.
- Elvira JLL, Vera-García FJ, Meana M, García JA. Análisis biomecánico del apoyo plantar en la marcha atlética. Relación entre la huella plantar, ángulos de la articulación subastragalina y presiones plantares. *Motricidad. European Journal of Human Movement.* 2008;20:41-60.
- Cavanagh PR, Rodgers MM. The arch index: A useful measure from footprints. *J Biomech.* 1987;20:547-51.
- Hernández R. Consideraciones sobre la locomoción humana. En: Hernández Corvo R, editor. *Morfología funcional deportiva: sistema locomotor*. Barcelona: Paidotribo; 1989. p. 67-127.
- Meana M, Alegre LM, Elvira JLL, Aguado X. Kinematics of ankle taping after a training session. *Int J Sports Med.* 2008;29:70-6.
- Beckman SM, Buchanan TS. Ankle inversion injury and hypermobility effect on hip and ankle muscle electromyography. *Arch Phys Med Rehabil.* 1995;76:1138-43.