

# Anàlisi de la pronació i la supinació subastragalines en la marxa atlètica

**DANIEL ROJANO ORTEGA**

*Professor Associat*

Departament d'Esport i Informàtica

**ALBERTO GRAO CRUCES**

*Alumne de la Llicenciatura en Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport*

**PABLO RODRÍGUEZ MARTÍN**

*Alumne de la Llicenciatura en Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport*

**FRANCISCO JOSÉ BERRAL DE LA ROSA**

*Director del Departament d'Esport i Informàtica*

Universidad Pablo de Olavide

**Autor per a la correspondència**

Daniel Rojano Ortega

[drojort@upo.es](mailto:drojort@upo.es)

## Resum

El calcani pot realitzar moviments d'inclinació sobre la seva cara interna (pronació) o externa (supinació). No hi ha evidència experimental sobre la relació entre lesions del membre inferior, tipus de peu i valors excessius de pronació o supinació. Tampoc no hi ha estudis conclouents sobre valors màxims de pronació i supinació durant la carrera o la marxa atlètica. S'han format tres grups: 5 marxadors, 5 velocistes i 5 subjectes sedentaris. S'ha analitzat el tipus de peu (Hernández-Corvo) i la pronació i supinació màximes caminant (6 km/h), corrent (14 km/h) i marxant (12 km/h, únicament marxadors), en tapís rodador, mitjançant filmació 2D posterior. S'ha trobat correlació negativa significativa ( $p < 0,01$ ) entre valors màxims de pronació i de supinació (major pronació implica menor supinació i viceversa), però no entre aquests valors i el tipus de peu. No hi ha diferències significatives en tipus de peu ni en valors màxims de pronació i supinació entre els tres grups, encara que de mitjana són els marxadors els que més pronen. Hi ha diferències significatives ( $p < 0,05$ ) en valors màxims de pronació i de supinació entre velocistes corrent i marxadors marxant. Això pot indicar que la tècnica de la marxa accentua la pronació, la qual cosa podria augmentar també el risc de lesions.

## Paraules clau

Supinació; Pronació; Marxa atlètica; Hernández-Corvo.

## Abstract

### *Subtalar Pronation and Supination Analysis in Racewalking*

*The calcaneus can perform inclination movements on its inner side (pronation) or external side (supination). There is no experimental evidence about the relationship between lower extremity injuries, type of foot and excessive pronation or supination values. There are no conclusive studies about maximum pronation and supination values during running or racewalking. Three groups were set-up: 5 race-walkers, 5 sprinters and 5 sedentary individuals. The type of foot has been analyzed (Hernández-Corvo), along with the maximum pronation and supination values during walking (6km/h), running (14km/h) and race-walking (12km/h, only race-walkers) in a treadmill, using a backsight 2D video. It has been found a negative significant correlation ( $p < 0.01$ ) between maximum pronation and supination values (bigger pronation implies less supination and vice versa), but not between these values and the foot type. There are no significant differences either in type of foot or in maximum pronation and supination values among the three groups, although, on average, race-walkers have the greatest pronation values. There are significant differences ( $p < 0.05$ ) in maximum pronation and supination values between sprinters running and racewalkers racewalking. This may indicate that racewalking technique increases pronation values, which could also increase the risk of injuries.*

## Key words

*Supination; Pronation; Racewalking, Hernández-Corvo.*

## Introducció

La pronació i la supinació subastragalines són moviments que es produeixen en l'articulació entre l'astràgal i el calcani. L'articulació subastragalina pot realitzar moviments en els tres plans de l'espai de manera que la porció anterior del calcani efectua moviments en tres direccions espacials. Una d'aquestes direccions es correspon amb els moviments de pronació i de supinació. Quan el calcani s'inclina sobre la seva cara interna es parla de pronació, mentre que si ho fa sobre la cara externa es parla de supinació (Fucci, Benigni i Formasari, 2003; Kapandji, 2004).

L'angle que se sol prendre com a referent per a la pronació i la supinació és el format per la línia del tendó d'Aquiles i la línia vertical medial del calcani (Aguado, 1997). Quan aquestes dues línies tenen la mateixa direcció l'angle format pren un valor de zero graus i es parla de posició neutra. És aquí quan el calcani es troba perpendicular a terra. Si aquestes dues línies no són paral·leles ens trobarem davant d'una supinació o una pronació segons cap a on es produeixi la inclinació del calcani respecte a l'astràgal.

Sembla que la pronació és un mecanisme utilitzat per adaptar el peu al terreny i per disminuir les forces d'impacte absorbides (Nilsson i Thortensson, 1989; Perry i Lafortune, 1995; Jiménez, 2004). A més pronació, més amortiment (Rueda, 2003), encara que el fenomen d'amortiment de la marxa augmenta també mitjançant la flexió del genoll (Jiménez, 2004). Alguns estudis importants, tanmateix, no han pogut demostrar aquesta relació entre pronació i forces d'impacte (Kersting, Kriwet i Brüggemann, 2006). La supinació és un mecanisme utilitzat per estabilitzar l'avantpeu sobre el retropeu de manera que el peu actuï com una palanca rígida durant la propulsió, tot protegint el turmell de la inestabilitat i disminuint la dependència de la musculatura peroneal (Jiménez, 2004). La pronació màxima acostuma a produir-se durant el suport plantar complet, mentre que la supinació màxima acostuma a produir-se durant la fase d'impuls (Aguado, 1997).

Segons estiguem caminant, corrent o marxant i depèn la velocitat a què ho estiguem fent, els valors màxims de pronació i de supinació seran diferents. És important conèixer quins són els rangs normals de pronació i de supinació durant un exercici i els problemes que se'n poden derivar d'uns valors excessius.

S'ha estimat que l'amplitud de moviment de l'articulació subastragalina varia des de 20° a 62° (Peroni, 2002) i és de gran importància per evitar lesions que la supinació assoleixi valors que siguin aproximadament el doble de la pronació (Subotnick, 1985). Tant durant la marxa com durant la carrera hi ha uns valors màxims que es consideren normals per a la pronació i per a la supinació. Així, per al desenvolupament d'una marxa normal són necessaris de 4° a 6° de pronació i de 8° a 12° de supinació (Peroni, 2002), mentre que, en general, es considera que en un funcionament normal de l'articulació subastragalina durant la carrera, els valors de la pronació poden arribar fins als 10°/15° i els de la supinació fins als 20° (Aguado, 1997).

Hi ha, tanmateix, grans buits quant als valors normals de pronació i de supinació durant la marxa atlètica.

Els valors considerats normals per a la carrera i la marxa varien a més a més, segons la persona i d'acord amb les condicions de l'exercici. Així, sembla que a mesura que augmenta la velocitat de desplaçament augmenta també la pronació (a causa que és un mecanisme d'amortiment de les forces d'impacte) i que un augment de la pronació comporta una disminució de la supinació i viceversa.

La literatura no és clara pel que fa a la possible relació entre lesions del membre inferior, tipus de peu (buit, normal o pla) i valors excessius de pronació o de supinació. Subotnick (1985) indica que hi ha una major incidència de lesions en atletes amb peus plans que no pas en atletes amb peus buits o normals. Cowan, Jones i Robinson (1993) constaten l'augment de lesions relacionades amb l'activitat física en persones amb peus buits amb arcs longitudinals interns alts. Sgarlato (citada per Peroni, 2002) preconitza que les anormalitats del peu tenen un factor causal comú relacionat amb excessiva pronació articular d'algun component de la fase de suport de la marxa. Aguado (1997) afirma que, en general, un peu pla té major tendència a pronar mentre que un peu buit té major tendència a supinar, cosa que pot fer diferent el patró de lesions de cada tipus de peu. Williams *et alii*. (2001) arriben a la mateixa conclusió en un estudi realitzat a 20 corredors amb peus plans i a 20 corredors amb peus buits, i comproven també que les forces d'impacte rebudes pels corredors amb peus buits són més altes que les rebudes pels corredors amb peus plans.

També hi ha una gran controvèrsia pel que fa a les modificacions que l'exercici físic desenvolupat en el medi terrestre pot induir en la morfologia del peu, que és l'estructura anatòmica que rep els impactes del terra i els transmet a la resta del cos. Està força reconegut en l'àmbit de la podologia esportiva que els esportistes entrenats mantenen l'arc plantar més elevat que les persones sedentàries, cosa que indica que els esforços repetits tendeixen a modelar el peu cap a un peu més buit (Sirgo *et alii.*, 1992). Tanmateix, López *et al.* (2006), detecten que, després d'un període d'entrenament de tres mesos, els marxadors del seu estudi presentaven un peu una mica més pla que abans de l'entrenament.

Segons Gil, Marín i Pascua (2005), un peu que treballa pronat pot ser el responsable d'alteracions a la part externa del genoll, del maluc i que alguns músculs treballin de manera més forçada, mentre que un peu supinat sol donar problemes a la part interna del maluc i del genoll.

L'objectiu d'aquest treball és calcular els valors màxims de pronació i de supinació desenvolupats per diversos marxadors caminant (6 km/h), corrent (14 km/h) i marxant (12 km/h), comparar si els valors obtinguts pels esmentats marxadors són significativament diferents dels obtinguts per uns altres dos grups, un d'atletes de velocitat i un altre de subjectes sedentaris, determinar si hi ha alguna diferència significativa entre el tipus de peu (buit, normal o pla, segons el mètode d'Hernández-Corvo) de cada grup i comprovar si existeix alguna relació entre els valors màxims de pronació i de supinació igual com entre els valors esmentats i el tipus de peu.

## Material i mètodes

S'han analitzat 15 subjectes pertanyents a la llicenciatura de Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport, de la Universitat Pablo de Olavide de Sevilla. Se n'han format tres grups de cinc subjectes cada un: el primer grup compost per cinc marxadors, el segon per cinc velocistes i el tercer per cinc subjectes sense cap vinculació amb l'atletisme i que podríem considerar com a sedentaris. L'edat mitjana van ser de 20,79 anys amb una desviació típica d'1,76 anys; l'altura mitjana de 170,38 cm amb una desviació típica de 9,28 cm i el pes mitjà va ser de 63,5 kg amb una desviació típica de 10,44 kg. La inves-

tigació va ser aprovada pel comitè ètic de l'esmentada Universitat.

Per obtenir les diferents dades, necessàries per a l'estudi que presentem, es van seguir els següents protocols d'actuació:

### Protocol seguit en marxadors

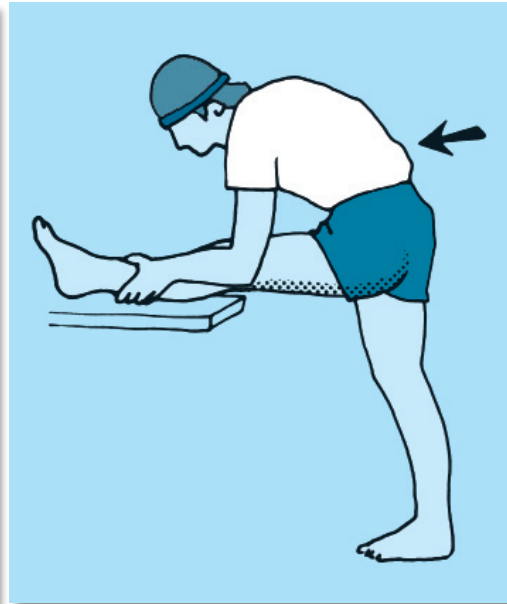
- Anàlisi de l'empremta plantar, d'ambdós peus, mitjançant el mètode d'Hernández-Corvo.
- Mesurament de la pronació i la supinació màximes caminant 6 km/h.
- Escalfament de 5 minuts marxant.
- Estirades del psoes ilíac i del quàdriceps, de la musculatura isquiotibial i dels bessons.
- Exercicis de mobilitat articular del maluc.
- 3 progressions de 50 metres marxant.
- Mesurament de la pronació i la supinació màximes marxant a 12 km/h.
- Escalfament de 2 minuts corrent 12 km/h.
- Mesurament de la pronació i la supinació màximes corrent 14 km/h.

### Protocol seguit en subjectes no marxadors

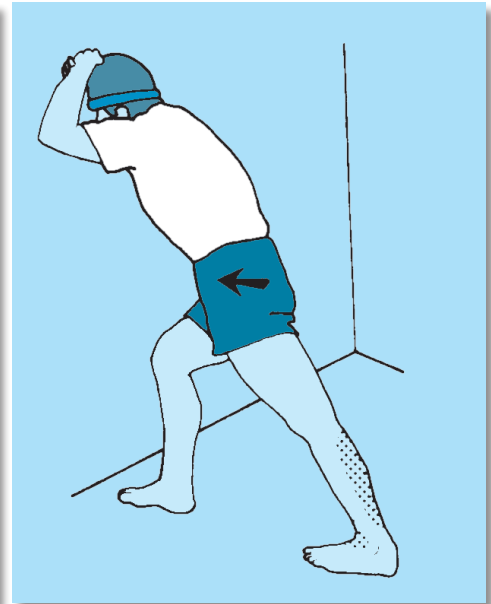
- Anàlisi de l'empremta plantar, d'ambdós peus, mitjançant el mètode d'Hernández-Corvo.
- Mesurament de la pronació i la supinació màximes caminant 6 km/h.
- Escalfament de 5 minuts corrent.
- Estirades del psoes ilíac i del quàdriceps, de la musculatura isquiotibial i dels bessons.
- 3 progressions de 50 metres corrent.
- Escalfament de 2 minuts corrent 12 km/h.
- Mesurament de la pronació i la supinació màximes corrent 14 km/h.



**Figura 1**  
Estiraments del psoes ilíac i del quàdriceps (Anderson, 2000)



**Figura 2**  
Estiraments de la musculatura isquiotibial (Anderson, 2000)



**Figura 3**  
Estiraments dels bessons (Anderson, 2000)

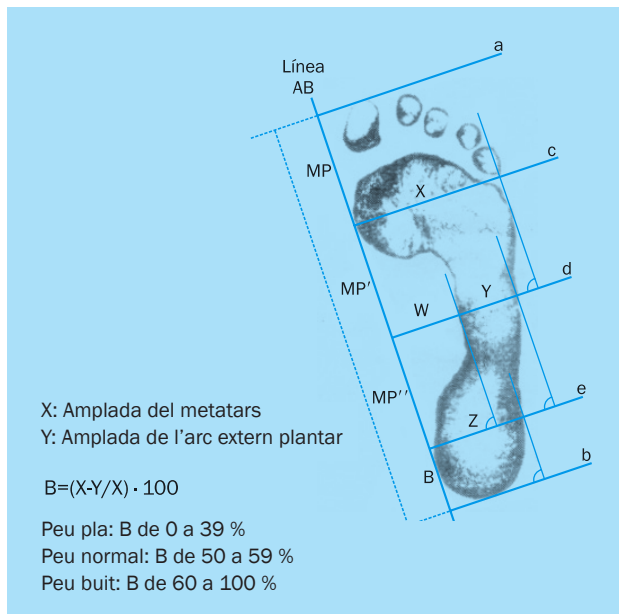
Les estirades han estat estàtiques i passives (figures 1, 2 i 3). De cada tipus se n'han realitzat dues sèries de 20 segons amb 30 segons de descans entre sèries.

Als subjectes marxadors se'ls han aplicat exercicis de mobilitat articular del maluc, a causa que, per a la marxa, és d'especial rellevància la mobilitat de la cintura pelviana per a una bona execució tècnica (Gil, Marín i Pascua, 2005; Gil *et al.*, 2006). En el cas dels subjectes no marxadors, això no ha estat necessari, perquè no se'ls ha mesurat la pronació i la supinació màximes marxant, atès que no tenien els coneixements mínims sobre la tècnica de la marxa.

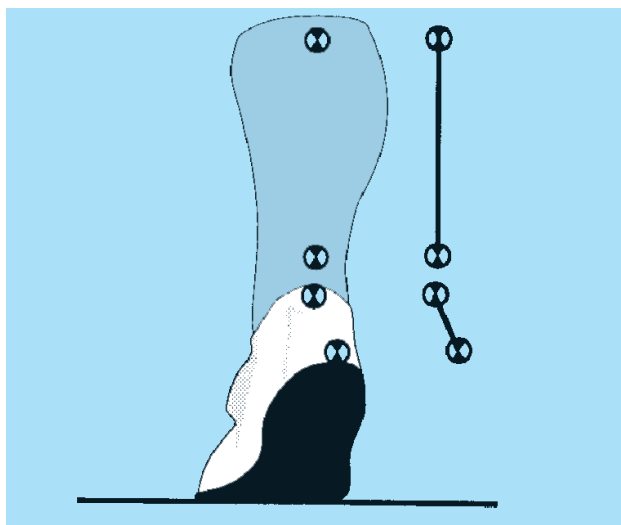
La presa de l'empremta plantar s'ha realitzat amb un mesurador d'empremta plantar de la marca Ortofis i s'ha determinat el tipus de peu mitjançant el mètode d'Hernández-Corvo (figura 4).

Per als mesuraments de la pronació màxima i de la supinació màxima s'han marcat quatre punts amb un llapis dermogràfic a la cama a mesurar del corredor en qüestió, dos en la línia vertical del calcani i els altres dos en la línia del tendó d'Aquiles, un d'ells en la inserció i l'altre uns 10 cm més cap amunt. Aquests quatre punts formen dues línies que en posició neutra formen un angle de 0° (o 180°, segons es mesuri) i quan hi ha pronació o supinació formen angles diferents de 0° (figura 5).

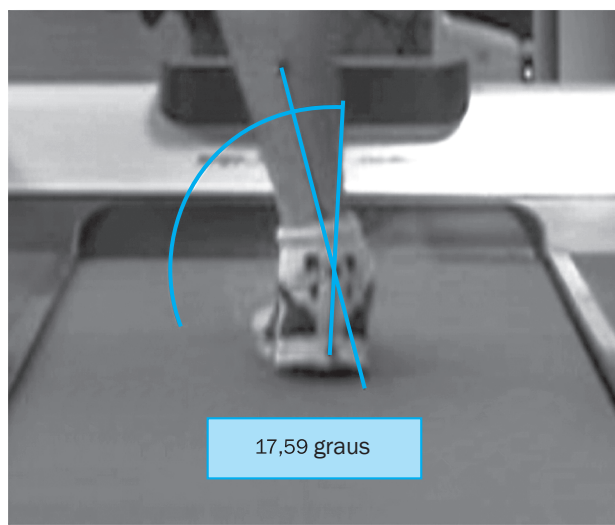
Els angles solen prendre's positius per a la pronació i negatius per a la supinació o a l'inrevés, però en aquest treball els hem pres tots dos com a positius i només els



**Figura 4**  
Mesurament del tipus de peu mitjançant el mètode d'Hernández-Corvo (Hernández-Corvo, 1989)



**Figura 5**  
Punts necessaris per al mesurament de la pronació i la supinació (Aguado, 1997)



**Figura 6**  
Mesurament de pronació amb el programa Corel Draw 12

hem considerat com a negatius quan esperàvem una supinació o una pronació i s'ha esdevingut el contrari.

S'ha col·locat el subjecte que cal analitzar en un tapís rodador (marca Daum Electronic GmbH, model ergo\_run medical 8) i s'ha situat una càmera multimèdia digital (marca JVZ, model GZ - MC500E) a 30 cm del terra i, en principi, perpendicular al pla frontal des d'una vista posterior. Si el subjecte recolzava el peu una mica cap enfora, en ser la nostra filmació en dues dimensions, rotàvem la càmera lateralment els graus necessaris per no confondre aquest suport amb una pronació.

Per mesurar la pronació i la supinació màximes s'han gravat alguns segons d'exercici (diversos suports amb cada peu) i, amb el programa Nero Vision Express 3, s'han seleccionat els fotogrames en els quals s'apreciaven la pronació i la supinació màximes (normalment durant el suport plantar complet i en la part final de la fase d'impuls, respectivament). Després hem utilitzat el programa Corel Draw 12 per mesurar amb precisió a cada fotograma els angles formats per les dues línies (figura 6).

Es van prendre tres suports de cada cama en els quals es produïen els moviments esmentats i se n'ha calculat el valor mitjà.

## Resultats

En primer lloc s'ha efectuat una estadística bàsica en la qual s'han obtingut els valors mitjans de les pronacions i les supinacions màximes trobades per a cada grup (marxadors, atletes de velocitat i sedentaris) en cada mesurament (caminant, corrent i marxant) igual com les desviacions típiques dels valors esmentats. Els resultats obtinguts per a les mitjanes s'agrupen a les següents taules 1, 2 i 3):

cions i les supinacions màximes trobades per a cada grup (marxadors, atletes de velocitat i sedentaris) en cada mesurament (caminant, corrent i marxant) igual com les desviacions típiques dels valors esmentats. Els resultats obtinguts per a les mitjanes s'agrupen a les següents taules 1, 2 i 3):

Marxadors	Pronació màxima (°)		Supinació màxima (°)	
	Cama dreta	Cama esquerra	Cama dreta	Cama esquerra
Caminant	12,47	13,83	4,93	5,40
Corrent	13,60	14,27	6,40	10,02
Marxant	16,27	18,60	-7,73	-5,73

**Taula 1**  
Valor mitjà de pronació i supinació màximes de marxadors caminant, corrent i marxant

Atletes de velocitat	Pronació màxima (°)		Supinació màxima (°)	
	Cama dreta	Cama esquerra	Cama dreta	Cama esquerra
Caminant	11,33	9,60	0,27	7,73
Corrent	9,73	10,13	5,47	11,18

**Taula 2**  
Valor mitjà de pronació i supinació màximes d'atletes caminant i corrent



Subjects sedentaris	Pronació màxima (°)		Supinació màxima (°)	
	Cama dreta	Cama esquerra	Cama dreta	Cama esquerra
Caminant	8,80	12,07	10,27	9,13
Corrent	10,60	11,33	8,97	8,78

**Taula 3**

Valor mitjà de pronació i supinació màximes de subjectes sedentaris caminant i corrent

Hernández- Corvo (%)	Dreta		Esquerra	
	Valor	Desv. Típ.	Valor	Desv. Típ.
Marxadors	56,50	3,93	55,23	8,90
Atletes velocitat	57,03	6,37	45,78	9,26
Sedentaris	54,53	13,81	54,66	14,28

**Taula 4**

Percentatge de suport de l'arc plantar segons el mètode d'Hernández-Corvo

	Hernández-Corvo esquerre	Hernández-Corvo dret
Chi-Square	1,523	,060
Df	2	2
Asymp. Sig.	,467	,970

**Taula 5**

Prova Kruskal-Wallis per als Hernández-Corvo dels tres grups

També s'han calculat els valors mitjans dels Hernández-Corvo de cada grup i les seves desviacions típiques; hem obtingut que tots els grups tenen peus normals (ni buits ni plans), perquè els percentatges de suport de l'arc plantar obtinguts es troben entre el 40 % i el 60 % (taula 4).

S'ha realitzat la prova de Kruskal-Wallis per saber si hi ha diferències significatives entre els Hernández-Corvo dels tres grups, i obtenim que, amb un nivell de confiança del 95 %, no existeixen les diferències significatives esmentades (Taula 5).

S'ha trobat la Rho de Spearman per determinar si hi ha correlació entre les pronacions i les supinacions màximes obtingudes per cada grup en cada mesurament i els resultats dels mesuraments de l'empremta plantar mitjançant el mètode d'Hernández-Corvo. No s'obté correlació significativa en cap grup per a cap mesurament.

S'ha realitzat també la Rho de Spearman per comprovar si existeix correlació entre la pronació màxima i la supinació màxima, tant dreta com esquerra, per a cada grup en cada mesurament; s'obtenen algunes correlacions significatives que no segueixen cap esquema lògic aparent. Per això, s'ha calculat també el coeficient de correlació de Pearson, per comprovar si hi ha l'esmentada correlació en els 35 mesuraments realitzats, independentment del tipus de subjecte de què es tracti. Els resultats mostren que, amb un nivell de confiança del 99 %, existeix un coeficient de correlació de -0,73 entre la pronació esquerra i la supinació esquerra i de -0,55 entre la pronació dreta i la supinació dreta.

S'ha efectuat la prova de Kruskal-Wallis per saber si existeixen diferències significatives entre els resultats obtinguts per a la pronació i la supinació màximes dels tres grups en els dos mesuraments que els afecten a tots, és a dir, caminant i corrent; hem obtingut que, amb un nivell de confiança del 95 %, no hi ha diferències significatives (Taula 6).

S'ha calculat tres vegades la U de Mann-Whitney per determinar si existeixen diferències significatives entre els valors obtinguts per a les pronacions i les supinacions entre:

Mesurament		Pronació esquerra	Pronació dreta	Supinació esquerra	Supinació dreta
Caminant	Chi-Square	3,799	2,895	,487	3,528
	df	2	2	2	2
	Asymp. Sig.	,150	,235	,784	,171
Corrent	Chi-Square	3,082	3,070	,420	,380
	df	2	2	2	2
	Asymp. Sig.	,214	,215	,811	,827

**Taula 6**

Prova Kruskal-Wallis per a pronacions i supinacions dels tres grups

	Pronació esquerra	Pronació dreta	Supinació esquerra	Supinació dreta
Mann-Whitney U	5,500	5,500	10,000	12,000
Wilcoxon W	20,500	20,500	25,000	27,000
Z	-1,471	-1,567	-,522	-,104
Asymp. Sig. (2-tailed)	,141	,117	,602	,917
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,151(a)	,151(a)	,690(a)	1,000(a)

◀ **Taula 7**

Prova U de Mann-Whitney per a pronacions i supinacions entre marxadors i atletes de velocitat corrent

	Pronació esquerra	Pronació dreta	Supinació esquerra	Supinació dreta
Mann-Whitney U	4,000	5,500	3,000	,000
Wilcoxon W	19,000	20,500	18,000	15,000
Z	-1,781	-1,467	-1,991	-2,611
Asymp. Sig. (2-tailed)	,075	,142	,047	,009
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,095(a)	,151(a)	,056(a)	,008(a)

◀ **Taula 8**

Prova U de Mann-Whitney per a pronacions i supinacions entre marxadors corrent i marxant

	Pronació esquerra	Pronació dreta	Supinació esquerra	Supinació dreta
Mann-Whitney U	1,000	,500	2,000	2,500
Wilcoxon W	16,000	15,500	17,000	17,500
Z	-2,402	-2,514	-2,200	-2,095
Asymp. Sig. (2-tailed)	,016	,012	,028	,036
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,016(a)	,008(a)	,032(a)	,032(a)

◀ **Taula 9**

Prova U de Mann-Whitney per a pronacions i supinacions entre marxadors marxant i atletes de velocitat corrent

- Marxadors i atletes de velocitat corrent (*Taula 7*).
- Amb un nivell de confiança del 95 %, no es troben diferències significatives.
- Marxadors corrent i marxant (*Taula 8*).
- Amb un nivell de confiança del 95 % es troben diferències significatives per a les supinacions però no per a les pronacions.
- Marxadors marxant i atletes de velocitat corrent (*Taula 9*).
- Amb un nivell de confiança del 95 %, sí que es troben diferències significatives.

## Discussió

Observant els resultats obtinguts a les mitjanes dels paràmetres mesurats, veiem que els marxadors són els que tenen major pronació màxima i que, en general, els subjectes sedentaris són els que tenen major supinació màxima.

En el nostre estudi no hi ha diferències significatives entre els tipus de peu dels diferents grups d'esportistes

segons el mètode d'Hernández-Corvo. Tampoc no existeix una correlació significativa entre els valors màxims de la pronació i la supinació i el tipus de peu dels subjectes, per la qual cosa no podem afirmar que la pràctica de la marxa o de l'atletisme de velocitat hagi modificat la morfologia del peu en els subjectes estudiats.

El fet que per als 35 mesuraments hi hagi una correlació significativa ( $p < 0,05$ ) negativa entre la pronació i la supinació màximes de cada peu, indica que, encara que la correlació no sigui gaire alta, els subjectes que més pronen són els que menys supinen i viceversa. Tanmateix, aquesta correlació no sempre és significativa per a cada grup d'esportistes i en cada mesurament. És possible que sigui perquè el nombre d'esportistes analitzats per a cada esport i cada mesurament és molt petit i que amb un nombre més gran es trobés sempre correlació significativa.

La prova de Kruskal-Wallis indica que, encara que els valors mitjans de les pronacions i de les supinacions màximes no són similars per als tres grups, no podem afirmar que existeixin diferències significatives entre ells, ni caminant ni corrent...

El fet que no existeixin diferències significatives i el fet que siguin precisament els marxadors els que de mitjana tinguin majors valors per a la pronació, sembla contradir la teoria que la pronació és un mecanisme per disminuir les forces d'impacte, fent que el peu s'adapti millor al terreny. A més a més, la pronació màxima augmenta en els marxadors en passar de córrer a marxar i, tanmateix, les forces d'impacte són menors durant la marxa que durant la carrera. Això pot ser degut a la tècnica de la marxa, atès que el maluc realitza un doble moviment, ascendent-descendent i cap endavant, i s'obté com a conseqüència un moviment circular (Campos, 2004; Gil, Marín i Pascua, 2005; Gil *et al.*, 2006). D'aquesta forma, es manté el centre de gravetat sense excessiva elevació i es realitzen els successius suports del peu en línia (Bravo, 1998; Gil, Marín i Pascua; Gil *et al.*) cosa que implica una major pronació que si aquest suport tingués lloc a l'amplada de les espatlles.

Es troben diferències significatives ( $p < 0,05$ ) en els valors màxims de les supinacions entre marxadors corrent i marxant; en realitat no hi ha supinació en els subjectes esmentats marxant (continua havent-hi pronació fins i tot en la fase d'impuls). Això no és d'estranyar perquè els impulsos realitzats durant la marxa han de ser bastant menors que durant la carrera, per la qual cosa és presumible que puguin realitzar-se fins i tot amb l'articulació en posició de pronació.

Finalment, trobem diferències significatives ( $p < 0,05$ ) en la pronació i la supinació màximes entre el grup de marxadors marxant i el d'atletes de velocitat corrent; els marxadors tenen valors molt més grans de pronació. Això pot fer pensar en un major risc de lesions en els marxadors que no pas en els atletes de velocitat (Gil, Marín i Pascua, 2005). De fet, els cinc marxadors analitzats han tingut diversos esquinços de turmell i sobrecàrregues, sobretot a la musculatura d'isquiotibials i tibials.

Tanmateix, també és possible que una pronació major amb forces d'impacte menors sigui menys lesiva que una pronació una mica menor amb forces d'impacte majors, per la qual cosa, per establir conclusions fiables sobre els riscos de lesions caldria fer un estudi més en profunditat amb un major nombre d'atletes i utilitzant plataformes de forces que ens donessin també valors de les forces d'impacte.

## Agraïments

Els autors volen agrair la col·laboració als 15 subjectes que, desinteressadament, s'han ofert per al nostre

estudi, sense la participació dels quals hauria estat impossible la realització del nostre treball.

## Referències bibliogràfiques

- Aguado Jódar, X. (1997). *Biomecánica fuera y dentro del laboratorio*. León: Universidad de León. Secretariado de Publicaciones, D.L.
- Anderson, B. (2000). *Estirándose*. Barcelona: RBA Libros, S.A.
- Bravo, J. (1998). *Carreras y Marcha*. Madrid: Real Federación Española de Atletismo.
- Campos Granell, J. (2004). *Las técnicas de Atletismo: Manual práctico de enseñanza*. Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Collins, J. J. i Whittle, M. W. (1989). Impulsive forces during walking and their clinical implications. *Clinical Biomechanics* (4), 179-187.
- Cowan, D. N.; Jones, B. H. i Robinson, J. R. (1993). Foot morphologic characteristics and risk of exercise - related injury. *Arch Fam Med* (2), 773-777.
- Fucci, S.; Benigni, M. i Formasari, V. (2003). *Biomecánica del Aparato Locomotor Aplicada al Acondicionamiento Muscular*. Madrid: Elsevier España, S.A.
- Gil, F.; Marín, J. i Pascua, M. (2005). *Atletismo I. Velocidad, Vallas y Marcha*. Madrid: Real Federación Española de Atletismo.
- Gil, F.; Pascua, M.; González, L.; Osgariz, J. A. i Marín, J. (2006). *Manual Básico de Atletismo*. Madrid: Real Federación Española de Atletismo.
- Hernández-Corvo, R. (1989). *Morfología funcional deportiva: sistema locomotor*. Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Jiménez Leal, R. (2004). Estudio articular del miembro inferior durante el ciclo de la marcha. *El Peu* (24), 211-216.
- Kersting, U. G.; Kriwet, A. i Brüggemann, G. P. (2006). The role of footwear-independent variations in rearfoot movement on impact attenuation in heel-toe running. *Research in Sports Medicine* (14), 117-134.
- López, J. L.; Meana, M.; Vera, F. J. i García, J. A. (2006). Respuestas, adaptaciones y simetría de la huella plantar producidas por la práctica de la marcha atlética. *Cultura, ciencia y Deporte* (4), 21-26.
- Kapandji, A. I. (2004). *Fisiología Articular, Miembro Inferior*. Madrid: Editorial Médica Panamericana, S.A.
- Nilsson, J. i Thorstensson, A. (1989). Ground reaction forces at different speeds of human walking and running. *Acta Physiol Scand* (136), 217-227.
- Peroni, L. A. (2002). *Las relaciones entre las inestabilidades el apoyo plantar y las alteraciones de la biomecánica de la rodilla*. Córdoba: Tesis realizada en la Universidad de Córdoba.
- Perry, S. D. i LaFortune, M.A. (1995). Influences of inversion/eversion of the foot upon impact loading during locomotion. *Clinical Biomechanics* (10), 253-257.
- Rueda, M. (2003). Introducción a la biomecánica del pie (II). *Apunts. Medicina de l'Esport* (142), 33 - 36.
- Sirgo, G.; Aguado, X.; Tejedor, J. C. i Brel, J. (1992). El niño ante el deporte de competición visto desde el punto de vista biomecánico, a propósito de un estudio transversal basado en la función de apoyo de gimnastas. *Perspectivas de la Actividad Física y el Deporte* (11), 13-17.
- Subotnick, S. I. (1985). The biomechanics of running. Implications for the prevention of foot injuries. *Sports Medicine* (2), 144-153.
- Williams, D. S.; McLay, I. S.; Hamill, J. i Buchanan, T.S. (2001). Lower extremity kinematic and kinetic differences in runners with high and low arches. *Journal of Applied Biomechanics* (17), 153-163.