

# Estudi de l'activitat muscular durant el *relevé* en primera i sisena posició

NURIA MASSÓ, ANA GERMÁN, FERRAN REY, LLUÍS COSTA, DANIEL ROMERO I SILVIA GUITART

Biomechanics Laboratory. EUIF Blanquerna. Ramon Llull University. Barcelona

## RESUM

**Fonaments:** Conèixer les diferències existents en l'activació muscular durant el *relevé*.

**Participants i mètode:** Divuit ballarines de ballet clàssic (14-32 anys). Es practica anàlisi cinètica i cinemàtica. S'analitza el grau de flexió plantar aconseguit i la participació de diversos músculs. Es comparen (test de Wilcoxon) els resultats obtinguts en executar el gest en sisena posició (*en parallel*) respecte de la primera (*en déhors*) i en primera posició correcta respecte de la primera posició amb pronació del peu.

**Resultats:** El rang de flexió plantar aconseguit és millor en sisena posició que en primera, i millor en primera correcta que en primera pronada.

El múscul bessó intern (BI) presenta més activitat en primera posició; l'abductor del dit gros (ADG), en paral·lel o sisena posició, i els peroneals i bessó extern (BE), en pronació del peu en primera posició. El peroneal lateral (PL) presenta diferències durant el *relevé* (en posició estàtica inicial i en fase ascendent) i l'ADG durant la pujada al *relevé*.

El BI presenta una activació més precoç i d'inici més lent que el BE en la flexió plantar del *relevé*.

**Discussió:** L'activitat de l'ADG en primera posició tradueix dèficit d'estabilitat de l'arc intern i del primer radi i, per tant, un major risc de lesió.

El *relevé* en sisena posició permet millor grau de flexió plantar que en primera. La pronació del peu –secundària en mala tècnica– produeix menor flexió plantar. L'ADG treballa més en *parallel* que en *déhors*, tot evitant la rotació externa del maluc. Les diferències del PL es relacionen amb la presència de pronació del peu: treballa més en pronació.

**PARAULES CLAU:** Electromiografia. Activitat muscular. Ballet. Extremitat inferior.

## ABSTRACT

**Background:** To determine differences in muscular activation during *relevé*.

**Participants and method:** Eighteen classical dancers (aged 14-32 years) participated in this study. Kinetic and cinematic analysis was performed. The degree of plantar flexion achieved and the involvement of distinct muscles were analyzed. The results obtained were compared (Wilcoxon's test) on executing *relevé* in sixth position (*en parallel*) and in correct first position (*en déhors*) with respect to first position with foot pronation.

**Results:** A greater range of plantar flexion was achieved in sixth position than in first position, and in correct first position than in pronated first position. The internal gemellus muscle showed greater activity in first position; the abductor muscle of big toe (ABT) *en parallel* or sixth position and the peroneal muscles and external gemellus muscle in pronated first position. The lateral peroneal muscle showed differences during *relevé* (in static initial position and the rising phase) and the ABT during the rise to *relevé*. The internal gemellus muscle showed earlier and slower activation than the external gemellus muscle in plantar flexion during *relevé*.

**Discussion:** The ABT shows greater activity when the hips are *en parallel* than when they are turned out (*en déhors*). The lower activity of the ABT in first position (*en déhors*) may lead to a lack of stability in the longitudinal arch and first ray and consequently to a greater risk of injury. *Relevé* in sixth position allows greater plantar flexion than that in first position. Pronation of the foot – due to faulty technique – allows less plantar flexion. The differences found in muscular activity of the lateral peroneal muscle are related to the presence of foot pronation, with pronation producing greater activity.

**KEY WORDS:** Electromyography. Muscular activity. Ballet. Lower limb.

Aquest treball va guanyar el premi a la millor comunicació oral en el Tercer Congrés de la Societat Catalana de Medicina de l'Esport (Andorra, octubre de 2004).

Correspondència: Nuria Massó. Biomechanics Laboratory. EUIF Blanquerna. Ramon Llull University. Padilla, 326-332. 08025 Barcelona. Espanya. A/e: [nuriamo@blanquerna.url.es](mailto:nuriamo@blanquerna.url.es)

## INTRODUCCIÓ

La majoria de les lesions en el ballari/ballerina vénen donades per sobrecàrrega pel tipus de posició i/o per gest repetitiu.<sup>1-5</sup> Principalment es localitzen al peu i al turmell,<sup>6-9</sup> i les més freqüents són:<sup>3,4,7-10</sup> *hallux valgus*, *hallux rigidus*, *sesamoiditis*/osteonecrosi, metatarsàlgies i tendinopaties del flexor del dit gros i d'Aquil·les.

La dansa presenta unes exigències tècniques clarament condicionants de la biomecànica del peu, com són el *turn out* (o *en dehors*) i la punta (incloent-hi la posició de punta i la de mitja punta). El manteniment d'aquestes posicions implica un increment de l'esforç muscular i de la càrrega articular<sup>11,12</sup> que pot derivar en lesió dels elements musculotendinosos implicats.

D'altra banda, en els moviments de *plié* i *relevé* s'afavoreix el *valgus* i la torsió externa de l'extremitat, sobretot si no hi ha una rotació externa correcta al maluc<sup>3,5,10,13</sup> (fig. 1).

En estudis anteriors s'ha evidenciat el paper de la musculatura peroneal en el *relevé*,<sup>14</sup> i la relació existent entre l'*hallux valgus* i la pèrdua parcial de funció del múscul abductor del dit gros.<sup>15-18</sup> L'electromiografia de superfície s'ha aplicat a la dansa, sobretot per analitzar la musculatura que actua al maluc i el genoll en el *démi-plié*, el *grand-plié* i el *développé*.<sup>19-21</sup> Altres sistemes d'anàlisi biomecànica, com l'anàlisi computaritzada de l'empremta plantar, també s'han aplicat a la dansa.<sup>22</sup>

Cal esperar que el tipus i el grau d'activitat muscular variïn no sols en funció del gest, sinó segons la posició articular adop-

tada (presència o no de *turn out* al maluc i presència o no de pronació del peu associada al *turn out*). Per això, en el nostre estudi analitzem l'execució del *relevé* en sisena i en primera posició (amb pronació del peu i sense).

## OBJECTIUS

Els objectius d'aquest estudi són comparar cinèticament i cinemàticament la flexió plantar (*midpoint* o *relevé*) en relació amb la posició (sisena posició o *parallel* respecte de la primera posició, *en dehors* o *turn out*) o en funció de l'existència de pronació del peu (primera posició correcta o amb pronació), com també estudiar el grau de contribució i el patró d'activació dels músculs analitzats durant la realització del gest.

## PARTICIPANTS I MÈTODE

S'han estudiat 18 ballarines de ballet clàssic amb una mitjana d'edat de 20 anys (desviació estàndard [DE] = 5), altura d'1,64 m (DE = 0,02) i pes de 55,08 kg (DE = 4,83), en les quals es van descartar antecedents de malaltia musculoesquelètica d'interès mitjançant l'anamnesi i l'exploració física prèvia. Després de signar un consentiment informat, els van ser col·locats els sensors i se'ls va demanar que fessin els gestos següents (fig. 2):

- *Relevé en parallel* (sisena posició).
- *Relevé en dehors* o *turn out* (en primera posició).
- *Relevé en dehors* o *turn out* en primera posició sense control actiu muscular de la pronació del peu.

Es va dur a terme el registre cinemàtic de les 3 proves mitjançant l'equip ELITE d'anàlisi biomecànica, consistent en un analitzador del moviment ELITE Motion Analyser (BTS: Bioengineering Technology & Systems, Milà), basat en 4 càmeres CCD d'infraroig, també de BTS i marcadors d'infraroig (fig. 3). Per fer-ho, es van utilitzar marcadors superficials col·locats sobre l'apòfisi espinosa de S1, el mal·lèol peroneal dret i el cap del V metatarsià dret (fig. 4).

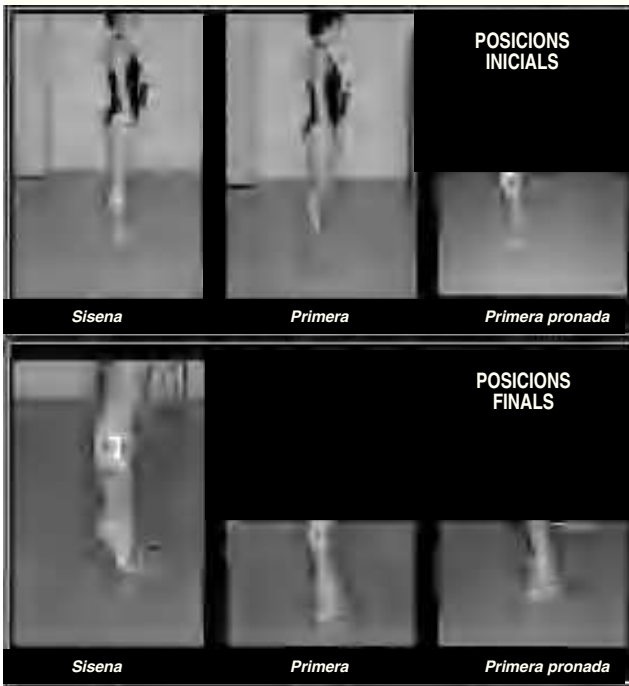
Es van utilitzar 4 càmeres amb una freqüència de mostreig de 100 Hz per a l'anàlisi tridimensional del moviment. A partir de la posició de les marques registrades es va calcular l'angle de flexió plantar: rang de moviment de l'angle format entre el segment mal·lèol peroneal-cap del V metatarsià i un eix vertical. Així doncs, els resultats no es basen en valors absoluts de flexió plantar, sinó en el recorregut articular. L'inici i el final de la variació d'aquest angle van per-

**Figura 1**

*Démiplié* en segona posició, en què es manifesta un efecte de torsió al genoll i el peu per manca de rotació externa del maluc.



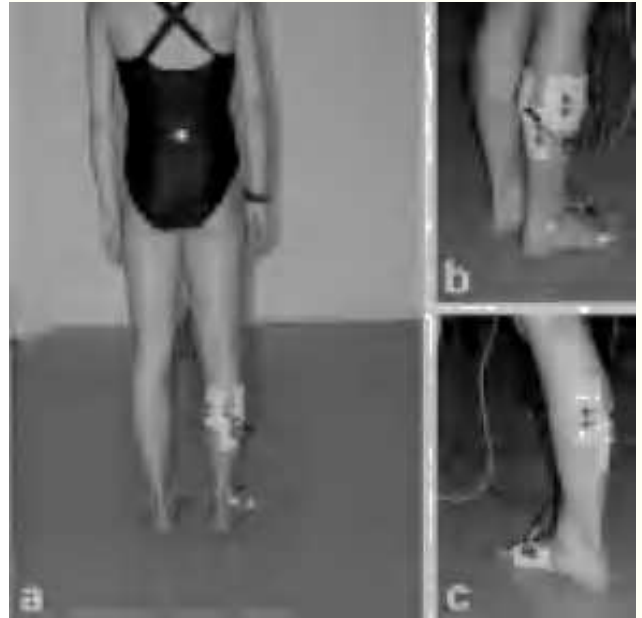
**Figura 2** Posicions adoptades en les diverses fases del gest analitzat.



**Figura 3** Càmera CCD i marcadors d'infraroig (IR).



**Figura 4** Model biomecànic. Col·locació de marques i elèctrodes: a) visió posterior; b) visió posterolateral, i c) visió posteromedial.



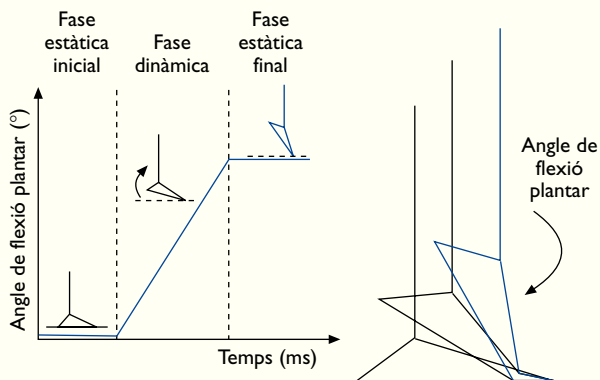
metre dividir cadascun dels gestos sol·licitats en 3 fases (fig. 5):

- Fase estàtica inicial (contacte de tot el peu amb el sòl).
- Fase dinàmica (moviment de flexió plantar per aconseguir la mitja punta).
- Fase estàtica final (mitja punta).

Per al registre cinètic es va utilitzar un electromiògraf de superfície telemètric de 8 canals de BTS model TELEMG (fig. 6). Així, mitjançant elèctrodes de superfície (Ag-ClAg) es va registrar l'activitat muscular a una freqüència de 500 Hz. Després de l'apropiada fricció i neteja de la pell, i seguint les instruccions de Cram i Kasman (1998)<sup>23</sup> i Hermens *et al.* (1999),<sup>24</sup> es van col·locar elèctrodes bipolars de superfície, paral·lels a les fibres musculars i amb una separació de 2 cm, sobre els músculs següents de l'extremitat inferior dreta (fig. 4):

- Bessó extern, col·locant els elèctrodes 2 cm lateralment a la línia mitjana. Per provar-ho, es va demanar a la ballarina que es posés de puntetes amb i sense flexió de genolls.
- Bessó intern, col·locant els elèctrodes paral·lels a les fibres musculars, 2 cm medialment a la línia mitjana. Es va demanar a la ballarina que es posés de puntetes.

**Figura 5** Posicions adoptades pel peu en les diverses fases del gest analitzat.

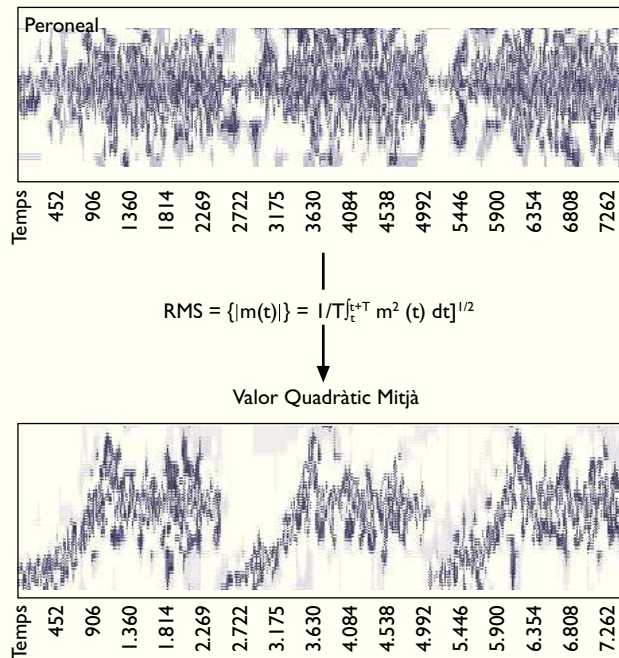


**Figura 6** Electromiògraf del sistema ELITE, amb el receptor telemètric en la part superior.



- Soli, col·locant els elèctrodes en la línia mitjana, sota del ventre muscular del gastrocnemi. Es va demanar a la ballarina que es posés de puntetes i desplaçés el seu pes anteriorment.
- Peroneal lateral, col·locant els elèctrodes en la unió del terç superior amb els dos terços inferiors de la cama i sota el cap del peroné. Es va demanar a la ballarina de fer una flexió plantar i eversió del turmell.
- Abductor del dit gros, col·locant els elèctrodes en el punt mitjà entre la protuberància navicular i la planta del peu.

**Figura 7** Efecte de l'aplicació del càlcul de la Root Mean Square (RMS) sobre els traçats electromiogràfics obtinguts.  
Senyal EMG



Es va demanar a la ballarina que fes flexió i abducció de l'*hallux*.

Després del filtrat pas alt (10 Hz) del senyal electromiogràfic, es va calcular el Valor Quadràtic Mitjà –temps d'integració, 100 ms– amb la finalitat d'obtenir un paràmetre al més pròxim possible a l'energia dissipada pel múscul (fig. 7). Es va utilitzar una plataforma de programació tipus VBA (Visual Basic for Applications) de Microsoft Excel.

Per al tractament de les dades es va utilitzar el paquet estadístic SPSS 11.0. Es van calcular diversos paràmetres per a la descripció de la mostra (mitjana i desviació estàndard). La comparació de variables intrasubjecte es va fer amb el test de Wilcoxon, atès que la grandària mostral no permetia l'ús de proves paramètriques. La comparació de les corbes electromiogràfiques es va fer per observació, per la qual cosa en cap cas no s'indica quina és la significació de la diferència. El nivell de significació per a tot l'estudi es va considerar 0,05.

## RESULTATS

1. Comparació del *relevé* executat en sisena posició i en primera posició.

- En l'anàlisi cinemàtica, l'angle de flexió plantar va ser significativament més gran en sisena posició que en primera. L'interval de confiança (IC) del 95% per a la mitjana de les diferències de flexió plantar va ser d'1,29° a 6,43° (fig. 8).
- En l'anàlisi cinètica, la mitjana de l'RMS va mostrar diferències significatives per al solí en la fase estàtica inicial, i per al gastrocnemi medial i l'abductor del dit gros en les fases posteriors (fig. 9).

2. Comparació del *relevé* executat en primera posició i en primera posició pronada:

- En l'anàlisi cinemàtica, l'angle de flexió plantar va ser significativament més gran en primera posició que primera pronada. L'IC del 95% per a la mitjana de les diferències de flexió plantar va ser: 6,25° a 15,55° (fig. 8).
- En l'anàlisi cinètica, la mitjana de l'RMS va mostrar diferències significatives (fig. 10) per al gastrocnemi lateral i el peroneal llarg en l'estàtica inicial, per al gastrocnemi medial i el peroneal llarg en la fase dinàmica, i per al gastrocnemi lateral en l'estàtica final (fig. 11).

3. Comparació per observació de la forma de les corbes del senyal electromiogràfic.

Comparant la forma de la corba de RMS, en cada subjecte i en cada posició, es pot observar que durant el *relevé* el gastrocnemi lateral s'activa més tard que el medial, malgrat que presenta una fase d'ascens més ràpida o pronunciada; el gastrocnemi medial presenta valors de RMS més alts que el gastrocnemi lateral; finalment, la corba del múscul peroneal és semblant a la del gastrocnemi lateral (fig. 12).

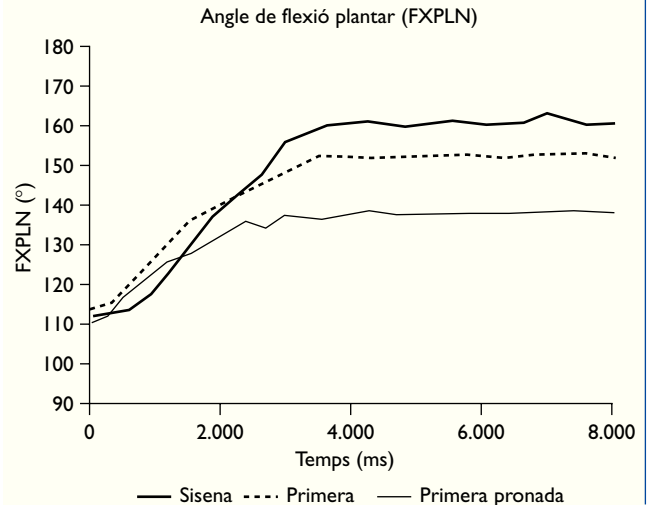
## DISCUSIÓ

El menor grau de flexió plantar obtingut en primera posició respecte de la sisena, dada que concorda amb estudis anteriors,<sup>25</sup> encaixa amb el canvi de posició, de base de sustentació i biomecànic que suposa l'existència d'una rotació externa del maluc.

D'altra banda, quan la primera posició (*en dehors*) s'acompanya de pronació del peu, s'aconsegueix un menor grau de flexió plantar. La pronació apareix quan el peu fa rotació al voltant del seu eix longitudinal. Gràcies a la coordinació d'aquesta pronació amb la rotació de la tibia, s'aconsegueix de millorar l'eficàcia de la marxa i la locomoció en general.<sup>26</sup> En el cas de la dansa, la locomoció és especial, associada sovint a la rotació externa del maluc. Aquest aspecte condueix sovint a l'aparició

**Figura 8**

Exemple de l'evolució de l'angle plantar (FXPLN) durant l'execució del gest analitzat i segons la posició adoptada.



d'una pronació del peu que, lluny d'acomplir la funció esmentada, apareix com a conseqüència de la rotació forçada de tota l'extremitat. La pronació s'associa amb un efecte de torsió sobre l'estructura del peu, al costat d'un valg i rotació externa del genoll.<sup>2,3,10,13</sup> Es converteix, doncs, en un fenomen no fisiològic que pot menar a sobrecàrregues posturals i lesions musculoesquelètiques. És per això que des de l'entrenament tècnic es pretén evitar la pronació. Segons els nostres resultats, hi ha una altra raó per evitar-la, que és el menor grau de flexió plantar obtingut en el *relevé* acompanyat de pronació, la qual cosa afecta el nivell tècnic del ballarí.

La bipedestació exigeix que l'arc del peu es mantingui estable gràcies a elements passius (fàscia, lligaments) i actius (músculotendinosos).<sup>27-29</sup> La bipedestació en mitja punta pot constituir una situació desestabilitzadora de l'arc si no s'acompanya d'una bona funció dels elements esmentats.<sup>13,30</sup> En relació amb això, també cal assenyalar l'elevada prevalença de patologia de l'avantpeu existent en dansa, relacionada molt sovint amb la sobrecàrrega postural i el gest repetitiu.<sup>3,31,32</sup> Com a prevenció, doncs, es considera important preservar un bon to muscular i una acció eficaç de la musculatura intrínseca del peu encarregada de mantenir la cohesió de l'avantpeu i evitar defectes en l'estàtica com són el *valgus* del primer dit o la laxitud de l'avantpeu.<sup>15,18,29,33,34</sup>

Segons el múscul estudiat és interessant comentar:

### 1. Múscul abductor del dit gros.

Figura 9

Comparació de la mitjana de RMS entre les posicions sisena i primera. Valors de significança bilateral asimptòtica obtinguts mitjançant el test de Wilcoxon.  $6 > 1$ : mitjana de RMS significativament més gran en sisena posició;  $1 > 6$ : mitjana de RMS significativament més gran en primera posició.

|                |                       |                       | Primera posició       |       |                     |       |       |                  |       |       |       |                  |                     |       |       |       |  |  |                  |  |
|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------|---------------------|-------|-------|------------------|-------|-------|-------|------------------|---------------------|-------|-------|-------|--|--|------------------|--|
|                |                       |                       | Fase estàtica inicial |       |                     |       |       | Fase dinàmica    |       |       |       |                  | Fase estàtica final |       |       |       |  |  |                  |  |
| Sisena posició | Fase estàtica inicial | Gastrocnemi medial    | 0,472                 |       |                     |       |       |                  |       |       |       |                  |                     |       |       |       |  |  |                  |  |
|                |                       | Gastrocnemi lateral   |                       | 0,983 |                     |       |       |                  |       |       |       |                  |                     |       |       |       |  |  |                  |  |
|                |                       | Soli                  |                       |       | 0,002<br>$1 \geq 6$ |       |       |                  |       |       |       |                  |                     |       |       |       |  |  |                  |  |
|                |                       | Peroneal llarg        |                       |       |                     | 0,845 |       |                  |       |       |       |                  |                     |       |       |       |  |  |                  |  |
|                |                       | Abductor del dit gros |                       |       |                     |       | 0,094 |                  |       |       |       |                  |                     |       |       |       |  |  |                  |  |
|                | Fase dinàmica         | Gastrocnemi medial    |                       |       |                     |       |       | 0,012<br>$1 > 6$ |       |       |       |                  |                     |       |       |       |  |  |                  |  |
|                |                       | Gastrocnemi lateral   |                       |       |                     |       |       |                  | 0,777 |       |       |                  |                     |       |       |       |  |  |                  |  |
|                |                       | Soli                  |                       |       |                     |       |       |                  |       | 0,327 |       |                  |                     |       |       |       |  |  |                  |  |
|                |                       | Peroneal llarg        |                       |       |                     |       |       |                  |       |       | 0,711 |                  |                     |       |       |       |  |  |                  |  |
|                |                       | Abductor del dit gros |                       |       |                     |       |       |                  |       |       |       | 0,007<br>$6 > 1$ |                     |       |       |       |  |  |                  |  |
|                | Fase estàtica final   | Gastrocnemi medial    |                       |       |                     |       |       |                  |       |       |       |                  | 0,043<br>$1 > 6$    |       |       |       |  |  |                  |  |
|                |                       | Gastrocnemi lateral   |                       |       |                     |       |       |                  |       |       |       |                  |                     | 0,199 |       |       |  |  |                  |  |
|                |                       | Soli                  |                       |       |                     |       |       |                  |       |       |       |                  |                     |       | 0,679 |       |  |  |                  |  |
|                |                       | Peroneal llarg        |                       |       |                     |       |       |                  |       |       |       |                  |                     |       |       | 0,879 |  |  |                  |  |
|                |                       | Abductor del dit gros |                       |       |                     |       |       |                  |       |       |       |                  |                     |       |       |       |  |  | 0,022<br>$6 > 1$ |  |

Els nostres resultats suggereixen que el *relevé* realitzat en sisena posició és més estable que el realitzat *en dehors* o en primera, ja que es troba més grau d'activitat muscular en el primer cas, sobretot durant les últimes fases, en el manteniment de la posició. La causa d'això pot ser:

– En primer lloc, un major grau de flexió plantar trobat en sisena posició, atenent a la funció com a flexor del múscul abductor del dit gros.<sup>28,35,36</sup> No obstant això, l'increment d'activitat es produeix no sols en la fase estàtica final, sinó també durant la fase dinàmica del *relevé*. La diferència constatada en la fase dinàmica (per unitat de temps) no es pot justificar únicament per l'increment del grau de flexió plantar.

En aquest punt cal considerar alguns aspectes tècnics, concretament la possibilitat de trobar-nos davant d'un fenomen de *cross talk*, problema inherent als estudis mitjançant electromiografia de superfície.<sup>37,38</sup> No es pot descartar la possibi-

litat que s'estigui recollint activitat del múscul flexor curt del dit gros, múscul molt actiu en l'execució del *relevé* i pròxim a l'abductor del dit gros, tot i que això és poc probable, atesa la seva profunditat.

– En segon lloc, desconeixem quina és la possible interrelació neurofisiològica entre un canvi de posició de l'articulació del maluc durant la bipedestació i/o la marxa, i l'esquema motor a zones més distals (genoll, peu). Això pot suposar una nova línia de recerca en què s'analitzin les variacions dels esquemes motors associats als canvis de posició, en relació amb els patrons ja establerts de normalitat.

Cal remarcar la no existència de canvis en la funció del múscul abductor del dit gros en relació amb la presència de pronació associada a la posició *en dehors*. Clàssicament, en preparació tècnica s'insisteix molt a evitar l'esmentada pronació, ja que contribueix, entre altres aspectes, a l'existència de problemes per sobrecàrrega, com per exemple tendinopaties dels

**Figura 10**

Comparació de la mitjana de RMS entre primera posició i primera posició pronada. Valors de significança bilateral asimptòtica obtinguts mitjançant el test de Wilcoxon. I > Ip: mitjana de RMS significativament més gran en primera posició; Ip > I: mitjana de RMS significativament més gran en primera posició pronada.

|                         |                       | Primera posició       |                     |                 |                |                       |                    |                     |       |                 |                       |                     |                     |       |                |                       |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------|----------------|-----------------------|--------------------|---------------------|-------|-----------------|-----------------------|---------------------|---------------------|-------|----------------|-----------------------|
|                         |                       | Fase estàtica inicial |                     |                 |                |                       | Fase dinàmica      |                     |       |                 |                       | Fase estàtica final |                     |       |                |                       |
|                         |                       | Gastrocnemi medial    | Gastrocnemi lateral | Soli            | Peroneal llarg | Abductor del dit gros | Gastrocnemi medial | Gastrocnemi lateral | Soli  | Peroneal llarg  | Abductor del dit gros | Gastrocnemi medial  | Gastrocnemi lateral | Soli  | Peroneal llarg | Abductor del dit gros |
| Primera posició pronada | Fase estàtica inicial | Gastrocnemi medial    | 0,112               |                 |                |                       |                    |                     |       |                 |                       |                     |                     |       |                |                       |
|                         |                       | Gastrocnemi lateral   |                     | 0,008<br>Ip > I |                |                       |                    |                     |       |                 |                       |                     |                     |       |                |                       |
|                         |                       | Soli                  |                     |                 | 0,567          |                       |                    |                     |       |                 |                       |                     |                     |       |                |                       |
|                         |                       | Peroneal llarg        |                     |                 |                | 0,001<br>Ip > I       |                    |                     |       |                 |                       |                     |                     |       |                |                       |
|                         |                       | Abductor del dit gros |                     |                 |                |                       | 0,420              |                     |       |                 |                       |                     |                     |       |                |                       |
|                         | Fase dinàmica         | Gastrocnemi medial    |                     |                 |                |                       | 0,011<br>I > Ip    |                     |       |                 |                       |                     |                     |       |                |                       |
|                         |                       | Gastrocnemi lateral   |                     |                 |                |                       |                    | 0,616               |       |                 |                       |                     |                     |       |                |                       |
|                         |                       | Soli                  |                     |                 |                |                       |                    |                     | 0,913 |                 |                       |                     |                     |       |                |                       |
|                         |                       | Peroneal llarg        |                     |                 |                |                       |                    |                     |       | 0,001<br>Ip > I |                       |                     |                     |       |                |                       |
|                         |                       | Abductor del dit gros |                     |                 |                |                       |                    |                     |       |                 | 0,112                 |                     |                     |       |                |                       |
|                         | Fase estàtica final   | Gastrocnemi medial    |                     |                 |                |                       |                    |                     |       |                 |                       | 0,349               |                     |       |                |                       |
|                         |                       | Gastrocnemi lateral   |                     |                 |                |                       |                    |                     |       |                 |                       |                     | 0,016<br>I > Ip     |       |                |                       |
|                         |                       | Soli                  |                     |                 |                |                       |                    |                     |       |                 |                       |                     |                     | 0,664 |                |                       |
|                         |                       | Peroneal llarg        |                     |                 |                |                       |                    |                     |       |                 |                       |                     |                     |       | 0,679          |                       |
|                         |                       | Abductor del dit gros |                     |                 |                |                       |                    |                     |       |                 |                       |                     |                     |       |                | 0,744                 |

músculs retromal-leolars interns (tibial posterior i flexor propi del dit gros). La pronació del peu és un defecte tècnic comú en dansa, produït sobretot per la dificultat d'aconseguir la rotació externa de maluc necessària per a les posicions *en dehors*, en què es persegueix una posició en "obertura" del peu a 90°. En condicions fisiològiques ja es compta amb una posició en rotació externa de tibia i turmell respecte de segments superiors, que origina un compressió de l'avantpeu d'aproximadament 30° en bipedestació espontània. Els altres 60° s'han d'aconseguir amb la rotació externa de l'articulació del maluc. Davant de la impossibilitat que sovint hi ha d'aconseguir-ho, s'intenta forçar la rotació en zones inferiors, al genoll i el peu, creant, en aquest últim, un efecte de torsió amb pronació de peu que inclou també el primer dit. L'abducció passiva del dit gros podria conduir a una elongació excessiva del múscul i, per tant, influenciar l'eficàcia d'aquest com a abductor. De fet, la prevalença d'*hallux valgus* és més

gran entre els ballarins de ballet clàssic, que treballen més *en dehors*.<sup>25</sup> No obstant això, en els nostres resultats no s'observen diferències d'activitat en relació amb l'existència o no de pronació. La presència de pronació, doncs, podria facilitar l'aparició de l'*hallux valgus* no tant per mitjà d'un factor muscular, sinó més aviat de factors posturals i articulars (per exemple, tracció capsular i pressió lateral).

### 2. Múscul peroneal.

Les diferències trobades quant a RMS de la musculatura peroneal no depenen de la posició *en dehors*, sinó de l'existència o no de pronació del peu, i s'hi troba més activitat quan la primera posició s'associa amb pronació del peu. Això es manifesta únicament en les fases estàtica inicial (sense flexió plantar) i dinàmica (adquisició de la flexió plantar o *relevé*), no pas en la fase final. Això anterior concorda amb estudis cinemàtics previs en els quals s'observa que, d'una banda, la fase ascendent

Figura 11

Comparació del Valor Quadràtic Mitjà de l'activitat muscular durant el gest analitzat en les seves diverses fases, en un dels individus analitzats. Es representen únicament alguns músculs i les fases en què s'han trobat diferències estadísticament significatives. Les línies verticals marquen el canvi de fase per a cada múscul.

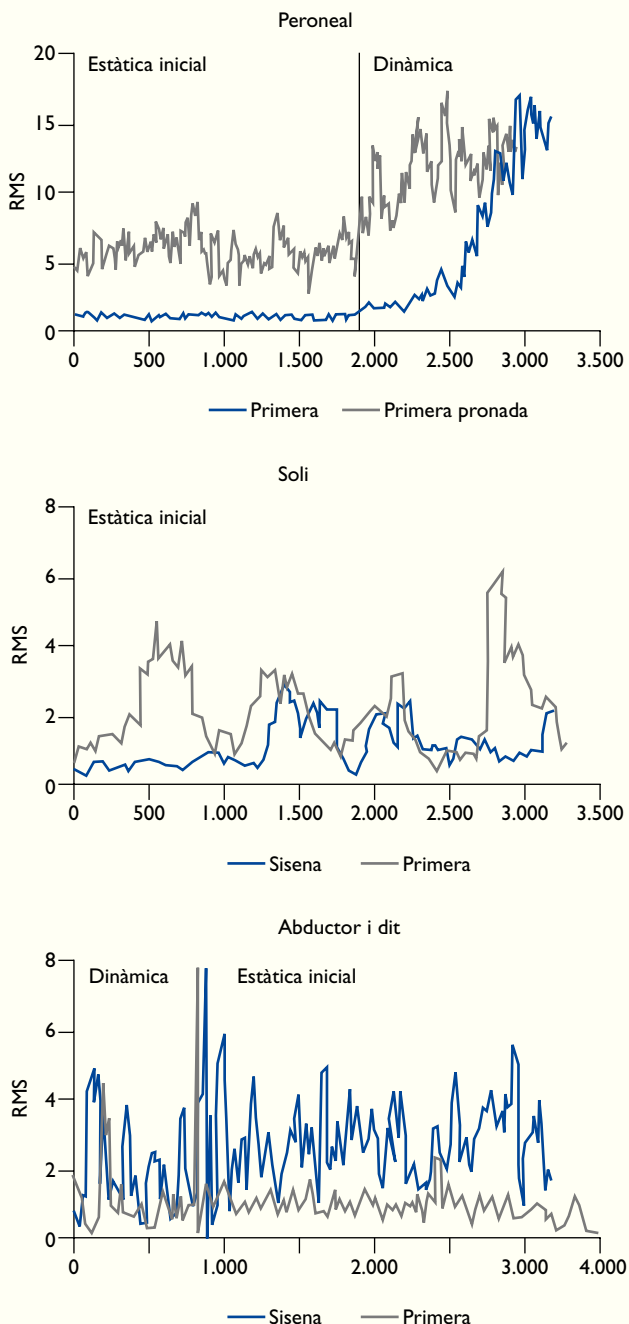
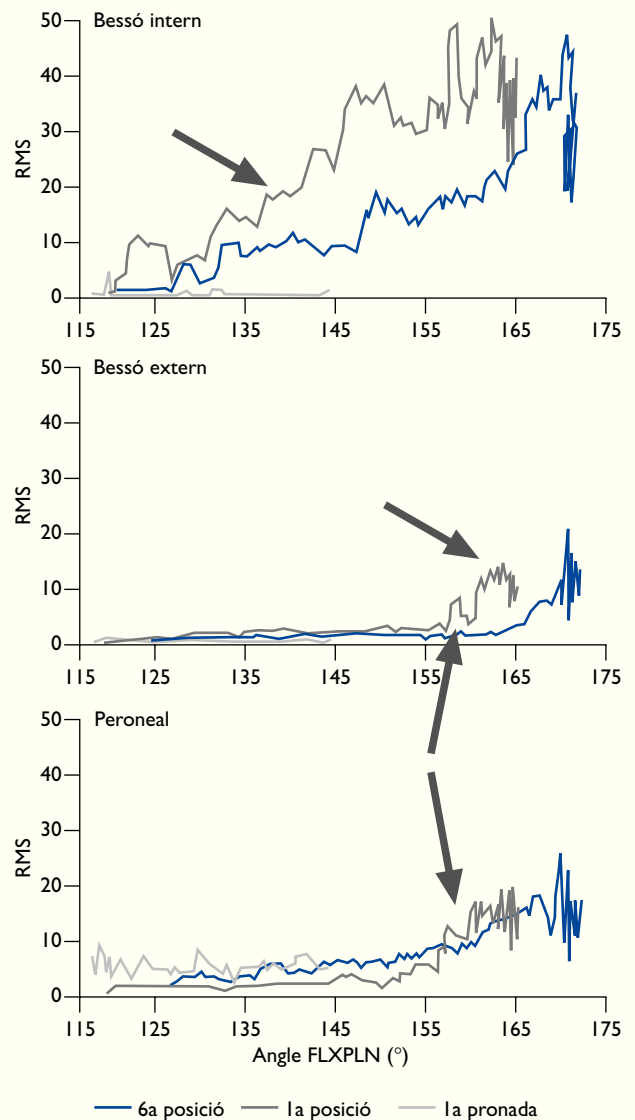


Figura 12

Representació gràfica de l'evolució de l'activitat muscular (RMS) en relació amb l'angle de flexió plantar. S'hi observen els comportaments diferents de la corba.



o dinàmica s'esdevé amb clara pronació i amb sobrecàrrega sobre el primer radi i, d'altra banda, en completar la flexió plantar s'amplia la base de sustentació, passant d'un recolzament sobre la primera articulació metatarsofalàngica a un recolzament també sobre la segona i de vegades el tercer cap metatarsià, per la qual cosa es perd el grau de pronació.<sup>25</sup> Cal recordar que la funció flexora plantar, alhora que evertora de la musculatura peroneal, pot contribuir a la flexió plantar exigida en el *relevé*.



### 3. Múscul tríceps sural

Es considera especialment interessant la diferència de comportament entre el bessó intern i el bessó extern, en relació amb el patró d'activació i el grau d'activitat. D'una banda, el múscul bessó intern presenta una activació més precoç en el temps i amb una corba inicial d'ascens més lent que el bessó extern, que s'activa d'una manera més tardana però amb increment més ràpid. D'altra banda, l'àrea sota la corba corresponent al múscul bessó intern és més gran, la qual cosa significa que contribueix més a l'execució del gest (fig. 12).

L'activació diferent dels bessons intern i extern pot tenir com a causa les diferències existents quant a composició, tipus de fibra muscular i tipus d'unitat motora, com també el tipus de funció (postural o dinàmica).

L'activació de la musculatura peroneal és molt semblant a la del bessó extern, la qual cosa obliga a considerar la possibilitat, per bé que poc probable, d'un fenomen de *cross talk*.

Crida l'atenció el fet que el múscul soli treballi més en primera posició que en sisena durant la fase estàtica inicial. Atès el paper principalment postural d'aquest múscul, potser sigui més exigent en una posició de per si més inestable (fig. 11). Els músculs bessons presenten poca activitat durant aquesta fase estàtica inicial, dada que concorda amb les seves diferències funcionals respecte del soli (els bessons tenen un paper més important en dinàmica).

## CONCLUSIONS

1. El *relevé* executat en sisena posició permet un grau més gran de flexió plantar que en primera posició.
2. La pronació del peu, sovint associada a una mala tècnica en l'execució del *relevé*, permet un menor grau de flexió plantar durant aquest exercici.

3. El múscul abductor del dit gros presenta diferències quant a la seva contribució al *relevé*. Aquestes diferències apareixen en la fase ascendent o de flexió plantar activa (pujada al *relevé*) i tenen relació amb la posició. Treballa més en la posició que no implica rotació externa de maluc (més *en parallèle* que *en dehors*).

4. El múscul peroneal lateral presenta diferències en la seva contribució al *relevé*. Aquestes diferències apareixen en la posició estàtica inicial i en la fase ascendent, i es relacionen amb la pronació del peu. Treballa més com més pronació existeix.

5. El bessó intern presenta una activació més precoç i d'inici més lent que el bessó extern durant el moviment de flexió plantar implicat en el *relevé*.

## LÍNIES DE FUTUR

Basats en els resultats obtinguts i d'acord amb el paper del múscul abductor del dit gros en el control de l'arc intern del peu, seria interessant de sistematitzar l'observació entre la presència d'errors tècnics com la hiperpronació del peu i l'aparició d'*hallux valgus* en professionals de la dansa.

## AGRAÏMENTS

Agraïm la seva col·laboració desinteressada a Cathérine Allard (directora) i als ballarins de la companyia IT Dansa Jove Companyia de l'Institut del Teatre; a Joan Carles Ibáñez (director) i alumnes de la seva Escola de Dansa, i a Carles Blanck i Tanya Yates pels seus comentaris i consells en la redacció de l'estudi.

## Bibliografia

1. Denton J. Overuse foot and ankle injuries in ballet. *Clin Podiatr Med Surg.* 1997;14:525-32.
2. Jenkinson DM, Bolin DJ. Knee overuse injuries in dance. *J Dance Med Sci.* 2001;5:16-20.
3. Ryan AJ, Stephens RE. *Dance medicine. A comprehensive guide.* Chicago: Pluribus Press; 1987.
4. Stone D. Hip problems in dancers. *J Dance Med Sci.* 2001;5:7-10.
5. Teitz CC. Hip and knee injuries in dancers. *J Dance Med Sci.* 2000;4:23-9.
6. Kadel N, Micheli LJ, Solomon R. Os trigonum impingement syndrome in dancers. *J Dance Med Sci.* 2000;4:99-102.

7. Macintyre J, Joy E. Foot and ankle injuries in dance. *Clin Sports Med.* 2000;19:351-68.
8. Massó N, Pérez E. Pie en danza: enfermedades profesionales. *El Peu.* 2001;21:139-44.
9. Somogyi DM. Lower leg injuries in dance. *J Dance Med Sci.* 2001;5:21-6.
10. Solomon R, Minton SC, Solomon J. Preventing dance injuries: An interdisciplinary perspective. Reston, VA: American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance; 1990.
11. Galea V, Norman RW. Bone-on-bone forces at the ankle joint during a rapid dynamic movement. *International series.* En: *Biomechanics.* Illinois: Human Kinetics Publishers; 1985. IX-A,5-A: 71-6.
12. Kravitz SR, Huber S, Ruziskey JA, Murgia CJ. Biomechanical analysis of maximal pedal stress during ballet stance. *J Am Podiatr Med Assoc.* 1987;77:484-9.
13. Howse J, Hancock S. *Dance technique and injury prevention.* New York: Theatre Arts Books/Routledge; 1988.
14. Massó N. Estudi electromiogràfic de l'extremitat inferior en un grup de ballarines. *Apunts.* 1993;30:7-21.
15. Masaru L, Basmajian JV. Electromyography of hallux valgus. *Clin Orthop.* 1974;101:220-4.
16. Shaw AH. The biomechanics of hallux valgus in pronated feet. *J Am Podiatry Assoc.* 1974;64:193-201.
17. Snijders CJ, Snijder JG, Philippens MM. Biomechanics of hallux valgus and spread foot. *Foot Ankle.* 1986;7:26-39.
18. Viladot A. *Quince lecciones sobre patología del pie.* Barcelona: Springer; 2000.
19. Trepman E, Gellman RE, Solomon R, Murthy KR, Micheli LJ, De Luca CJ. Electromyographic analysis of standing posture and demi-plié in ballet and modern dancers. *Med Sci Sports Exerc.* 1994;26:771-82.
20. Trepman E, Gellman RE, Micheli LJ, De Luca CJ. Electromyographic analysis of grand-plié in ballet and modern dancers. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;32:1708-20.
21. Wilmerding MV, Heyward VH, King M, et al. Electromyographic comparison of the développé devant at barre and centre. *J Dance Med Sci.* 2001;5:69-74.
22. Massó N. Estudio en dinámica de la huella plantar de la bailarina. *Nassarre XI.* 1995;1-2:325-44.
23. Cram JR, Kasman GS. *Introduction to surface electromyography.* Maryland: Aspen Publishers, Inc.; 1998.
24. Hermens HJ, Freriks B, Merletti R, Stegeman D, Blok J, Rau G, et al. *European Recommendations for Surface Electromyography.* SENIAM Project. Roessingh Research and Development; 1999.
25. Massó N. *Morfologia i biomecànica del peu en el ballet [tesis doctoral].* Barcelona: Universitat de Barcelona; 1991.
26. Rose J, Gamble G. *Human walking.* Baltimore: Williams and Wilkins; 1994.
27. Bordier G. *Anatomie appliquée a la danse.* Paris: Amphora; 1984.
28. Kapandji I. *Fisiología articular.* Tomo 2. Madrid: Panamericana; 1998.
29. Viladot Voegeli A. *Lecciones básicas de biomecánica del aparato locomotor.* Barcelona: Springer; 2000.
30. Femino JE, Trepman E, Chisholm K, Razzano L. The role of the flexor hallucis longus and peroneus longus in the stabilizations of the ballet foot. *J Dance Med Sci.* 2000;4:86-9.
31. Ambre T, Nilsson BE. Degenerative changes in the first metatarsophalangeal joint of ballet dancers. *Acta Orthop Scand.* 1978;49:317-9.
32. Baillon JM. Lesions articulaires et musculaires chez les danseurs. *Acta Orthop Belg.* 1983;49:112-6.
33. Spilken TL. *The dancers's foot book.* Pennington: Dance Horizons/Princeton Book Company; 1990.
34. Viladot Pericé A. *Patología del antepié.* 4.ª ed. Barcelona: Springer; 2001.
35. Calais-Germain B. *Anatomy of movement.* Seattle: Eastland Press; 1993.
36. Kendall FP, McCreary EK, Provance PG. *Músculos: pruebas, funciones y dolor postural.* Madrid: Marbán; 2000.
37. Avela J, Kyröläinen H, Komi PV. Altered reflex sensitivity after repeated and prolonged passive muscle stretching. *J Appl Physiol.* 1999;86:1283-91.
38. Winter DA, Fuglevand AJ, Archer SE. Crosstalk in surface electromyography: theoretical and practical estimates. *J Electromyogr Kinesiol.* 1994;4:15-26.