

Estudi electromiogràfic de l'extremitat inferior en un grup de ballarines

Estudio electromiográfico de la extremidad inferior en un grupo de bailarinas

Núria Masso Ortigosa

Unitat de Medicina de la Dansa / Servei de Rehabilitació / Residència Vall d'Hebró

RESUM

Hem estudiat a un grup de vuit ballarines professionals i a quatre noies, de les mateixes edats, no practicants. Sel's va practicar una electromiografia del Tibial Anterior, del Soli i del Peroneal Lateral, mentre realitzaven un "demipliè-relevé" i un "demipliè-salt", recollint-se a la vegada la goniometria de genoll i turmell.

Varem observar un comportament diferent d'aquests músculs entre els dos grups estudiats, basat sobretot en el Peroneal Lateral, a que sembla que en els ballarins hi juga un paper més important. Això no canvia quan el moviment és saltat, ni tampoc quan s'elimina el component de rotació externa de l'extremitat inferior en les posicions adoptades durant el moviment, i que podria induir diferències entre els dos grups, per un major grau de rotació en el cas de les ballarines.

Paraules clau:

Ballet, electromiografia.

Material i mètode

Estudiarem un grup de vuit ballarines de bon nivell professional i quatre no practicants, totes elles d'edats entre els 20 i 35 anys, prenent registre electromiogràfic durant els següents moviments:

- DR en primera posició.
 - DR en sisena posició.
 - DS en primera posició.
 - DS en sisena posició.
- (Figura 1).

RESUMEN

Hemos estudiado a un grupo de ocho bailarinas profesionales y a cuatro muchachas, de la misma edad, no practicantes. Se les practicó una electromiografía del tibial anterior, del sóleo y del peroneo lateral, mientras realizan un "demipliè-releve" y un "demipliè-salt", recogiendo a su vez la goniometría de rodilla y tobillo.

Observamos un comportamiento diferente de estos músculos entre los dos grupos estudiados, basado sobretodo en el peroneo lateral, el cual parece juega un papel más importante en los bailarines. Esto no varía cuando el movimiento es saltado, ni tampoco cuando se elimina el componente de rotación externo de la extremidad inferior en las posiciones adoptadas durante el movimiento, y que podría provocar diferencias entre los dos grupos, por un mayor grado de rotación en el caso de las bailarinas.

Palabras clave:

Ballet, electromiografía.

Material y método

Estudiamos un grupo de ocho bailarinas de buen nivel profesional y cuatro no practicantes, todas ellas de edades entre los 20 y los 35 años, tomando registro electromiográfico durante los siguientes movimientos:

- DR en primer posición
 - DR en sexta posición
 - DS en primera posición
 - DS en sexta posición
- (Figura 1).

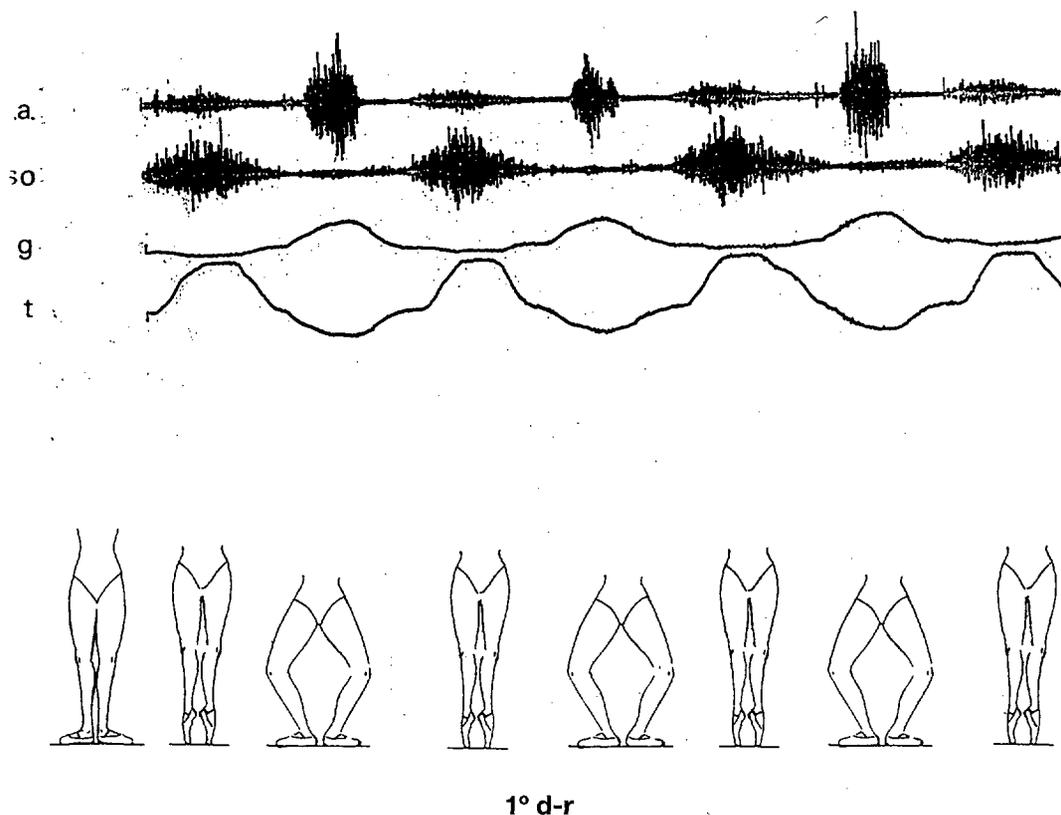


Figura 1
Figura 1

Es va fer en aquestes dues posicions, en les que la diferència principal radica en la existència o no de l' "en dehors", precisament per constatar si existeix o no alguna diferència a nivell muscular deguda a aquest factor. L'activitat elèctrica muscular es va captar amb electrodes de superfície, tipus cúpula de 1 cm de diàmetre, amb gel conductor i fixats damunt la massa muscular amb cinta adhesiva.

La senyal va ser tractada amb dos pre-amplificadors diferencials i amplificadors MEDELEC AA-6MK III, i filtrada a 500 Hz de baixa i 1.6 KHz d'alta, obtenint una molt bona estabilitat del traç àdhuc durant el salt.

Els traçats es varen observar a l'oscil·loscopi i es varen enregistrar en paper per fibra òptica.

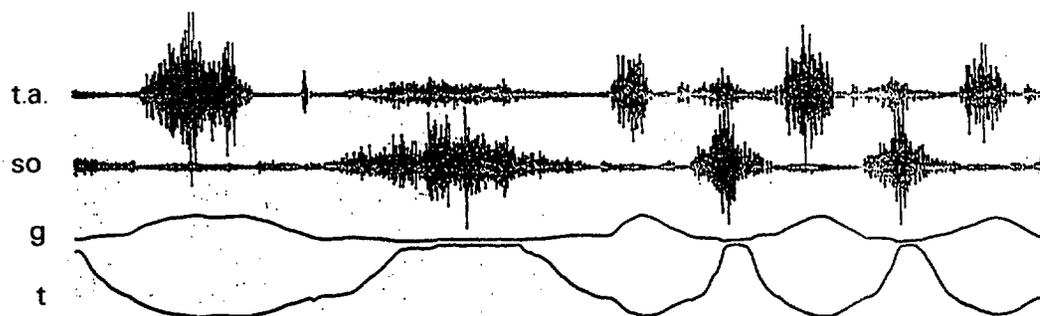
Al disposar únicament de dos canals, només podem enregistrar dos músculs simultàniament, però no els tres que ens interessava estudiar. Aquests varen ser escollits en base a la finalitat de l'estudi i en base a factors tècnics. Aquests músculs tenen una acció important sobre el turmell en les posicions i moviments que estudiem, i són enregistrables correctament a través de la tècnica utilitzada.

Se hizo en estas dos posiciones, en las que la diferencia principal radica en la existencia o no del "en dehors", precisamente para constatar si existe o no alguna diferencia a nivel muscular debida a este factor. La actividad eléctrica muscular se captó con electrodos de superficie, tipo cúpula de 1 cm de diámetro, con gel conductor y fijados sobre la masa muscular con cinta adhesiva.

La señal se trató con dos pre-amplificadores diferenciales y amplificadores MEDELEC AA-6MK III, y filtrada a 500 Hz de baja y 1,6 KHz de alta, obteniendo una muy buena estabilidad del trazo incluso durante el salto.

Los trazados se observaron mediante el osciloscopio y se registraron en papel por fibra óptica.

Al disponer tan sólo de dos canales, no podíamos registrar más que dos músculos simultáneamente, y no los tres que nos interesaba estudiar. Estos fueron escogidos en base a la finalidad del estudio y en base a factores técnicos. Dichos músculos tienen una acción importante sobre el tobillo en las posiciones y movimientos que estudiamos, y son registrables correctamente mediante la técnica utilizada.



6° d-r

Figura 1
Figura 1

Les combinacions utilitzades, donçs, varen ser:

- Tibial Anterior + Soli.
- Peroneal Lateral + Soli.

Simultàniament al registre electromiogràfic, vàrem obtenir una goniometria de turmell i de genoll, mitjançant un equip goniomètric per llum polaritzada, POLGON PG6 MEDELEC. Això, observat conjuntament amb l'activitat muscular, ens ajuda a seguir la evolució del moviment, a veure el grau de moviment particular de cada individu, a situar l'activitat del múscul dins del contexte del moviment, etc.

Un sensor es va fixar a la part lateral mitja de la cama, el segon a la part lateral de cinquè metatarsià, i hi havia un tercer de referència per determinar la vertical.

La configuració de dues unitats POLGON permet així enregistrar constantment l'angle de l'eix de la tibia respecte a la vertical, que indirectament està relacionat amb el grau de flexió del genoll, i l'angle del peu respecte al terra o grau d'equí i extensió del turmell.

Les dues corves, calibrades en graus per cm, es varen observar directament a l'oscil·loscopi i al mateix temps es varen enregistrar en paper per un dispositiu de fibra òptica MS6, i a velocitats de 1 i 5 cm per segon. De cada cas es varen obtenir registres a les dues velocitats de cada moviment.

Las combinaciones utilizadas, por tanto, fueron:

- Tibial anterior + sóleo
- Peroneo lateral + sóleo

Simultáneamente al registro electromiográfico, obtuvimos una goniometría de tobillo y rodilla, mediante un equipo goniométrico por luz polarizada, POLGON PG6 MEDELEC. Esto, observado conjuntamente con la actividad muscular, nos ayuda a seguir la evolución del movimiento, ver el grado de movimiento articular de cada individuo, situar la actividad del músculo en el contexto del movimiento, etc...

Se fijó un sensor en la parte lateral media de la pierna, el segundo en la parte lateral del quinto metatarsiano y restaba un tercero de referencia para determinar la vertical.

La configuración de dos unidades POLGON permite así registrar constantemente el ángulo del eje de la tibia respecto a la vertical que, indirectamente, está relacionada con el grado de flexión de la rodilla y el ángulo del pie respecto al suelo o grado de equino y extensión del tobillo.

Las dos curvas, calibradas en grados por cm, se observaron directamente en el osciloscopio y al mismo tiempo se registraron en papel mediante un dispositivo de fibra óptica MS6, a velocidades de 1 a 5 cm por segundo. De cada caso se obtuvieron registros en las dos velocidades de cada movimiento.

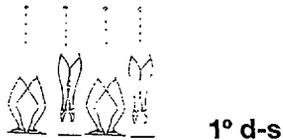
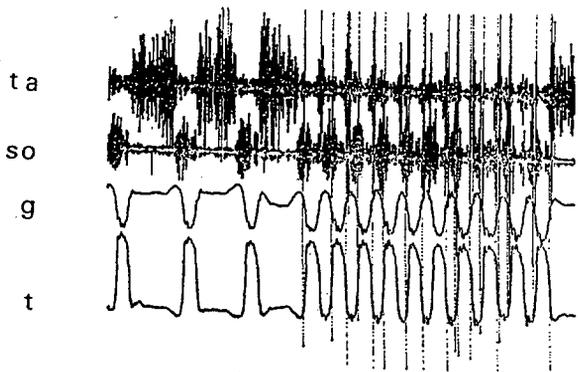


Figura 1
Figura 1

Les corbes es varen analitzar tant en amplituds angulars absolutes com en els aspectes de regularitats i relació temporal amb el moviment i l'activitat EMG.

Amb tot això, perseguim uns resultats més qualitius que quantitatius. Interessa més la relació que guarden entre els diferents músculs efectors que els valors absoluts dels voltatges enregistres-

Las curvas se analizaron tanto en amplitudes angulares absolutas como en los aspectos de regularidad y relación temporal con el movimiento y la actividad EMG.

Con todo esto, perseguíamos unos resultados más cualitativos y cuantitativos. Interesa más la relación que guardan entre los diferentes músculos efectores que los valores absolutos de los voltajes registrados para cada uno de ellos. Estos resultados absolutos están sometidos a variaciones en virtud de diversos factores (condiciones de la piel, profundidad del músculo) que pueden variar de un individuo a otro, e incluso en un mismo individuo de un registro a otro. Además, estos valores absolutos dependen también del tamaño y peso del individuo. No nos interesan las variaciones de voltaje en función de la masa muscular o de su entrenamiento, sino que lo más interesante para nosotros es:

- Conocer el grado de participación de cada músculo en relación a los otros y en relación a la globalidad del movimiento. Nos interesa, por tanto, los voltajes (como reflejo de la actividad muscular) en valores relativos. Esto lo hacemos en forma de porcentajes, considerando, para cada individuo, que el voltaje registrado de su músculo tibial corresponde al 100%. Los otros valores relativos, de sóleo y peroneo lateral, los calculamos a partir del 100% que representa el valor del tibial anterior. Por ejemplo:

- Si el T.A. da un voltaje de 750 microV
- So. da un voltaje de 600 microV
- Pl. da un voltaje de 600 microV

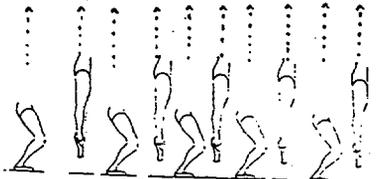
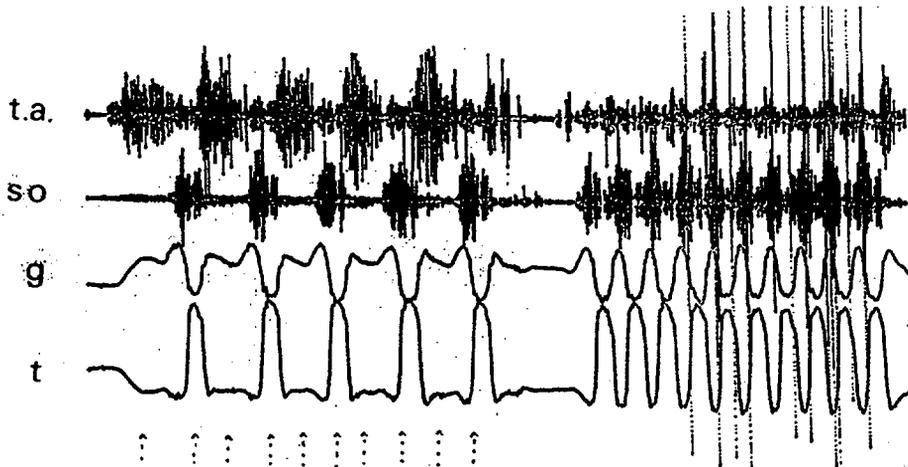


Figura 1
Figura 1

trats per a cada un d'ells. Aquests resultats absoluts són sotmesos a variacions en virtut de diversos factors (condicions de la pell, profunditat del múscul) que poden variar de un individu a un altre, i inclús en un mateix individu d'un enregistrament a un altre. A més a més, aquests valors absoluts depenen també del tamany i pes de l'individu. No ens interessen les variacions de voltatge en funció de la massa muscular o del seu entrenament, sino que el més interessant per a nosaltres és:

- Coneixer el grau de participació de cada múscul en relació als altres, i en relació a la globalitat del moviment. Ens interessa, doncs, els voltatges (com a reflexe de l'activitat muscular) en valors relatius. Això ho fem en forma de percentatges, considerant, per a cada individu, que el voltatge enregistrat del seu múscul Tibial correspon al 100%. Els altres valors relatius, de Soli i Peroneal lateral, els calcularem a partir del 100% que representa el valor del Tibial anterior. Per exemple:

Si el T.A. dona un voltatge de 750 microV

So. dona un voltatge de 600 microV

Pl. dona un voltatge de 600 microV

els valors relatius seran del 100%, 80% i 80%, respectivament.

A continuació, varem calcular els valors promig d'aquests percentatges, i també dels valors absoluts.

- Ens interessa conèixer el comportament de cada múscul durant la evolució del moviment, és a dir, saber quin és el moment de màxima participació d'aquell múscul en el moviment estudiat, i en quin grau hi actua en els altres moments. El punt o moment de màxima participació serà representat com el 100% d'intensitat d'acció d'aquest múscul en aquest moviment (no te per què correspondre, però, al 100% de l'activitat o força màxima d'aquest múscul). Durant el reste del moviment, anem representant en quin percentatge hi participa, en relació a aquell moment màxim que considerem com el 100%.

Material

- Electromiògraf Medelec MS 6, amb dos amplificadors diferencials.
- Electrodes de superfície, de tipus cúpula, de 1 cm de diàmetre.
- Goniòmetre amb unitats tipus POLGON, de llum polaritzada.

Resultats

En el quadre n. 1, exposem els valors del màxim voltatge enregistrat en cada múscul. Els valors exposats per al Tibial Anterior corresponen al seu valor màxim, enregistrat durant la fase de "dèmiplié" o flexió dels genolls. Els valors exposats per al Soli i Peroneal Lateral corresponen al seu màxim

ACTIVITAT MUSCULAR (microvolts)

		tibial anterior	solí	peroneal lat.
ballarines	n ^o 5	750(100%)	400(53%)	400(53%)
	n ^o 6	750(100%)	600(80%)	800(80%)
	n ^o 7	900(100%)	250(27%)	750(83%)
	n ^o 8	500(100%)	250(50%)	500(100%)
	n ^o 9	750(100%)	250(33%)	600(66%)
	n ^o 10	600(100%)	250(41%)	350(58%)
	n ^o 11	900(100%)	750(83%)	1000(110%)
n ^o 12	850(100%)	400(47%)	500(58%)	
promig		750(100%)	394(52%)	587(78%)

ACTIVITAT MUSCULAR (microvolts)

		tibial anterior	solí	peroneal lat.
No ballarines	n ^o 1	300(100%)	150(50%)	200(66%)
	n ^o 2	450(100%)	250(55%)	150(33%)
	n ^o 3	750(100%)	400(53%)	250(33%)
	n ^o 4	750(100%)	600(66%)	250(33%)
promig:		562(100%)	325(56%)	212(41%)

Quadre 1
Cuadro 1

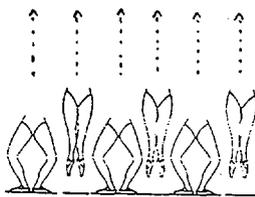
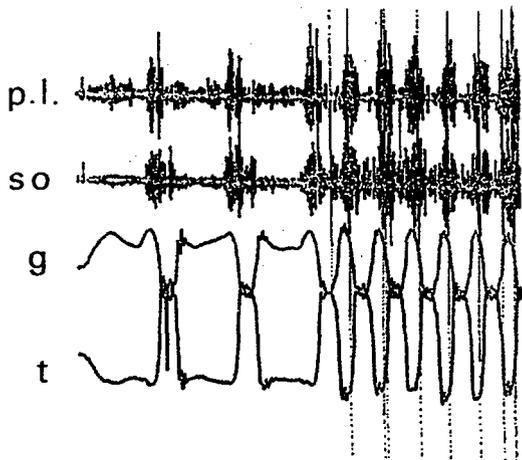
los valores relativos serán del 100%, 80% y 80% respectivamente.

A continuació, calculamos los valores promedios de estos porcentajes y, también, los valores absolutos.

- Nos interesa conocer el comportamiento de cada músculo durante la evolución del movimiento, es decir, saber cual es el momento de máxima participación de aquel músculo en el movimiento estudiado, y en que grado actúa en otros momentos. El punto o momento de máxima participación estará representado como el 100% de intensidad de acción de este músculo en este movimiento (no tiene por que corresponder, sin embargo, al 100% de la actividad o fuerza máxima de este músculo). Durante el resto del movimiento, vamos representando en que porcentaje participa, en relación a aquel momento máximo que consideramos como al 100%.

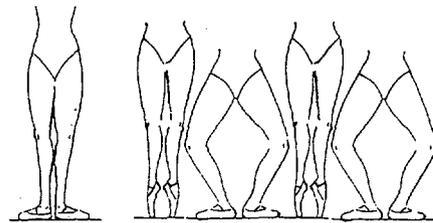
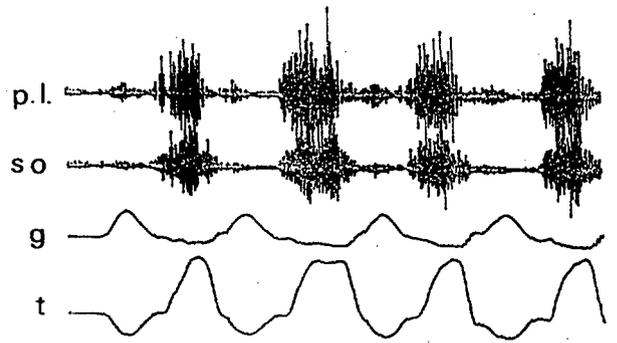
Material

- Electromiógrafo MEDELEC MS6 con dos amplificadores diferenciales.
- Electrodo de superficie, de tipo cúpula, de 1 cm de diámetro.



1° d-s

Figura 2
Figura 2



1° d-r

Figura 2
Figura 2

enregistrat durant la fase de "Relevé", o posició dels peus en mitja punta. Els individus n. 1, 2, 3 i 4 corresponen a les dues noies no practicants de dansa. Els valors relatius, expressats en percentatges, que apareixen en aquest quadre, són calculats a partir del valor enregistrat per al Tibial Anterior, en cada individu aïlladament i per separat. És una mesura per comparar el grau de protagonisme de cada múscul respecte dels altres en aquest moviment que estudiem. Això té un valor orientatiu ja que, com dèiem, no és totalment comparable un enregistrament amb un altre, perquè hi poden intervenir la presència i distribució de teixit gras subcutani, la situació de l'electrode, etc., encara que s'intenti minimitzar aquests factors. De totes formes, han sigut calculats i els exposem, ja que tenen cert valor orientatiu.

Exposem un exemple de l'enregistrament corresponent a una de les ballarines estudiades (Figura 2), així com un esquema representatiu del resultat electromiogràfic i goniomètric obtingut en general en les ballarines, esquema en el que apareix representat en valors relatius el grau de participació de cada múscul durant el moviment (en percentatges respecte al moment de màxima participació) (Figura 3).

- Goniómetro con unidades tipo POLGON, de luz polarizada.

Resultados

En el Cuadro nº 1, exponemos los valores de máximo voltaje registrado en cada músculo. Los valores expuestos para el tibial anterior corresponden a su valor máximo, registrado durante la fase de "demi-plié" o flexión de las rodillas. Los valores expuestos para el sóleo y peroneo lateral corresponden a su máximo registrado durante la fase de "relevé" o posición de los pies en media punta. Los individuos número 1, 2, 3 y 4 corresponden a las dos muchachas no practicantes de danza. Los valores relativos, expresados en porcentajes, que aparecen en este cuadro, están calculados a partir del valor registrado para el tibial anterior en cada individuo aisladamente y por separado. Es una medida para comparar el grado de protagonismo de cada músculo respecto a los otros en el movimiento que estudiamos. Esto tiene un valor orientativo ya que, como decimos, no es totalmente comparable un registro a otro, ya que pueden intervenir la presencia y distribución de tejido graso subcutáneo, la situación del electrodo, etc., pese a

Descripció del moviment per músculs

Tibial Anterior

Presenta una activitat basal (t) molt lleu i constant durant la fase del cicle en la qual actuen justament antagonistes seus, la fase del *rélévé*. Aquesta activitat, potser de funció estabilitzadora, és molt ordenada, i és d'un voltatge de aproximadament un 25-30% de l'activitat màxima del múscul, que es presenta en l'altre fase del moviment, el *plié*.

En alguns casos, aquesta activitat no és tan constant i uniforme durant el *rélévé*, sino que s'aprecia una molt lleu activitat, seguida de una petita contracció (t'), breu, equivalent al 25-30% de l'activitat màxima, just abans de l'inici del *plié*, o fase on hi participa pròpiament el tibial.

Al començar la fase del *plié*, comença la seva contracció efectiva que és, en promig en el grup de ballarines, de 750 microV, encara que no tenim en compte aquest valor absolut.

Aquesta contracció (T) presenta un ascenç i descenç ràpids i similars. És en aquesta fase on es

que se intente minimizar estos factores. De todas maneras, han sido calculados y los exponemos, ya que tienen un cierto valor orientativo.

Exponemos un ejemplo de registro correspondiente a una de las bailarinas estudiadas (Figura 2), así como un esquema representativo del resultado electromiográfico y goniométrico obtenido, en general, en las bailarinas, esquema en el que aparece representado en valores relativos el grado de participación de cada músculo durante el movimiento (en porcentajes respecto al momento de máxima participación) (Figura 3).

Descripción del movimiento por músculos

Tibial anterior

Presenta una actividad basal (t) muy leve y constante durante la fase del ciclo en la que actúan justamente antagonistas suyos, la fase del *rélévé*. Esta actividad, puede ser de función estabilizado-

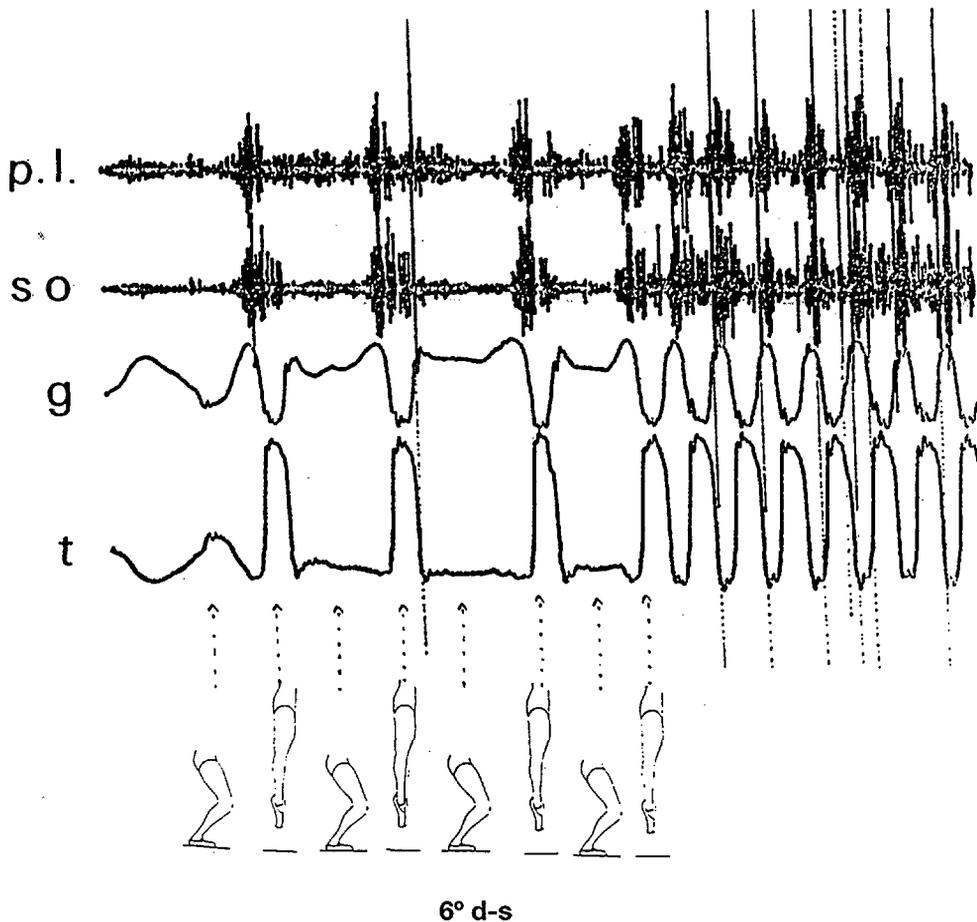
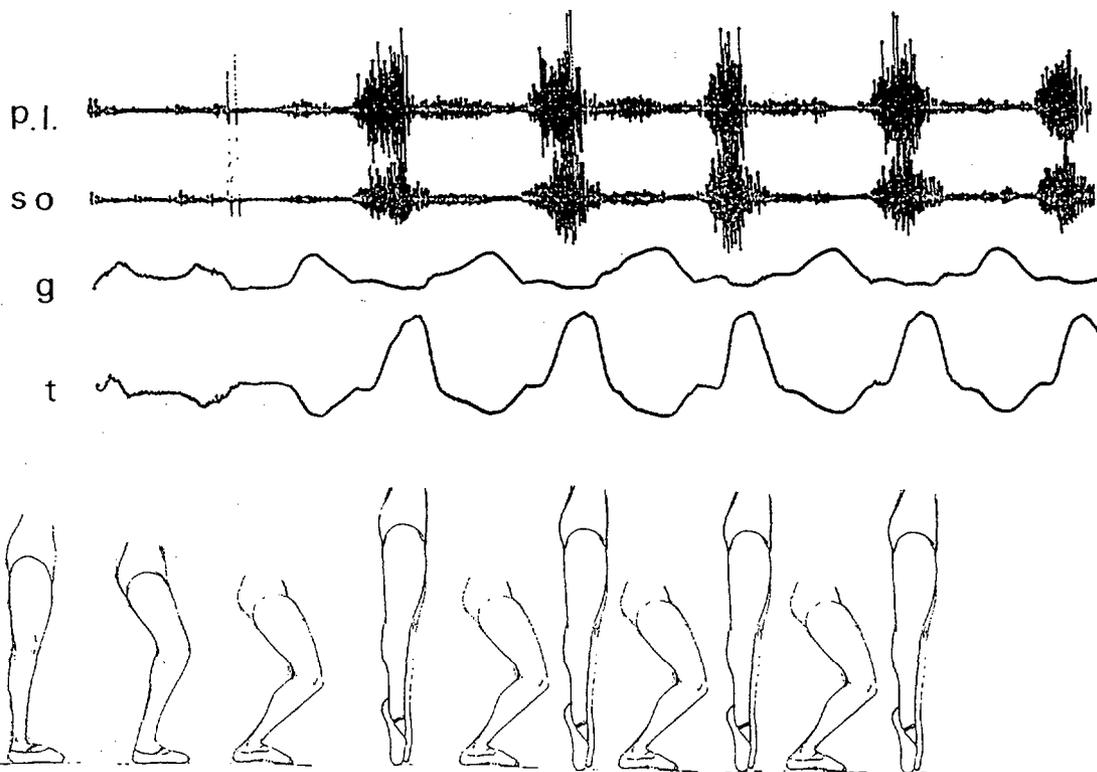


Figura 2
Figura 2



6° d-r

Figura 2
Figura 2

registra la màxima activitat d'aquest múscul (100%). S'observa que aquesta fase no és del tot uniforme, sino que presenta dos subfases, separades per un instant en que l'amplitud del traçat disminueix una mica.

En les no ballarines, no existeix una *t* ni *t'* pròpiament, però si que hi ha una activitat desordenada durant la fase de *rélévé*, en la que s'aprecia, com en les ballarines, un cert nivell d'activitat, que no és uniforme, quasi sempre en forma de petites descàrregues. En la fase del *plié* presenta la seva activitat màxima. (El seu promig d'activitat és de 562 microV.).

En el DS, aquest múscul presenta la seva activitat màxima durant la fase de *démi-plié* o d'impuls, i també ho fa de forma bifàsica, corresponent a les dues fases de flexió del genoll, que es deuen possiblement a una flexió amortiguadora del salt i una altra impulsora del salt següent, i que van empalmades i quasi juntes en la evolució del moviment en global.

Al final del *démi-plié* s'anul·la la seva activitat, però ràpidament torna a actuar durant el salt, en un 25-30% de la seva activitat màxima, i desapareix al finalitzar el salt, abans de tornar a actuar durant el *démi-plié*.

ra, es muy ordenada, y es de un voltaje de aproximadamente un 25-30% de la actividad máxima del músculo que se presenta en otra fase del movimiento, el *plié*.

En algunos casos, esta actividad no es constante y uniforme durante el *rélévé*, sino que se aprecia una muy leve actividad, seguida de una pequeña contracción (*t'*), breve, equivalente al 25-30% de la actividad máxima, justo antes, del inicio del *plié*, o fase en la que participa propiamente el tibial.

Al comenzar la fase de *plié*, comienza su contracción efectiva que es, en promedio para el grupo de bailarinas, de 750 microV, aunque no tomemos en cuenta este valor absoluto. Esta contracción (*T*) presenta un ascenso y descenso rápidos y semejantes. Es en esta fase donde se registra la máxima actividad de este músculo (100%). Se observa que esta fase no es del todo uniforme, si no que presenta dos subfases, separadas por un instante en que la amplitud del trazado disminuye un poco.

En las no bailarinas, no existe una *t* ni *t'* propiamente, pero si que hay una actividad desordenada durante la fase de *rélévé*, en la que se aprecia, como en las bailarinas, un cierto nivel de actividad

Soli

En la fase de plié, presenta una activitat molt lleu, que sol ser d'un 0 a un 20% de la seva activitat màxima. Inicia la seva activitat elèctrica efectiva (S), moment en que presenta la màxima activitat (100%), al començar el rélevé, arribant a aquest 100% de manera bastant ràpida, i la finalitza d'una forma més gradual, mentre la flexió plantar del peu disminueix, fins arribar al 0-20% que manté durant la fase del plié. La fase de rélevé presenta també un comportament bifàsic. El voltatge promig durant el rélevé és de 393 microV. En les no ballarines, va ser de 325 microV com a promig.

En el DS, el Soli fa una contracció màxima però breu just abans de començar la fase ascendent del salt (contracció que aporta la energia necessària per a saltar), i s'acaba quan ja s'ha produït l'enlairament. Però la seva activitat no torna al zero, i ràpidament presenta un altre "pic" de menor activitat (60% aproximadament), durant la fase ascendent, per mantenir posteriorment un 10-20% de la seva activitat fins al nou impuls.

Peroneal lateral

Presenta activitat lleu (p) durant la fase de plié, en la que està actuant el Tibial, però aquesta activitat és de intensitat bastant variable segons l'individu, oscil·lant entre el 15-25% (la activitat basal que trobàvem en el cas del Tibial, en canvi, era de intensitat més uniforme de un individu als altres).

Inicia la seva activitat pròpiament (P), al començar la fase de rélevé, moment de la seva activitat màxima, o 100%, si ho fa de forma sincrònica amb el Soli. La finalitza, en alguns casos, també alhora, però quasi sempre acaba abans del final del rélevé, just quan el grau de flexió plantar del peu comença a disminuir. Així, tenim que el Peroneal deixa d'actuar abans, just quan desapareix el grau màxim de plié si observem la goniometria, mentre que el Soli va disminuint més gradualment, de forma més paral·lela a la evolució goniomètrica del turmell. Durant la fase d'activitat màxima, també presenta un comportament bifàsic.

El voltatge promig era de 680 microV. En les no ballarines, era de 212.

En el DS, el Peroneal presenta la seva màxima activitat (100%) en una contracció ràpida i breu, simultània a la contracció màxima del Soli també durant el moment previ a l'enlairament del salt, i disminueix també ràpidament ja en la fase ascendent, però sense tornar a presentar un nou increment, com ho feia el Soli, sino que es manté des d'aquest moment amb una activitat d'un 15-25% de la seva màxima en aquest moviment saltat, durant el reste del salt i la caiguda sobre el terra, fins al moment de l'impuls per al nou salt, que és immediatament després de la caiguda, ja que els salts són continus i empalmats.

que no es uniforme, casi siempre en forma de pequeñas descargas. En la fase del plié presenta su actividad máxima (su promedio de actividad es de 562 microV).

En el DS, este músculo presenta su actividad máxima durante la fase de démi-plié o de impulso, y también lo hace de forma bifásica, correspondiente a las dos fases de flexión de la rodilla, que se deben posiblemente a una flexión amortiguadora del salto y a otra impulsora del salto siguiente, y que van empalmadas y casi juntas en el desarrollo del movimiento global.

Al final del démi-plié se anula su actividad, pero rápidamente vuelve a actuar durante el salto, en un 25-30% de su actividad máxima, desapareciendo al finalizar éste, antes de volver a actuar durante el démi-plié.

Sóleo

En la fase de plié, presenta una actividad muy leve, que suele ser de un 0 a un 20% de su actividad máxima. Inicia su actividad eléctrica efectiva (S), momento en que presenta la máxima actividad (100%), al comenzar el rélevé, llegando a este 100% de manera bastante rápida, finalizándola de una forma más gradual, mientras la flexión plantar del pie disminuye, hasta llegar al 0-20% que mantiene durante la fase de plié. La fase de rélevé presenta también un comportamiento bifásico. El voltaje promedio durante el rélevé es de 393 microV. En las no bailarinas fue de 325 microV de promedio.

En el DS, el sóleo hace una contracción máxima, pero breve, justo antes de comenzar la fase ascendente del salto (contracción que aporta la energía necesaria para saltar) y finaliza cuando se ha producido la elevación. Pero su actividad no vuelve al cero y, rápidamente, presenta otro "pico" de menor actividad (60% aproximadamente), durante la fase ascendente, para mantener con posterioridad un 10-20% de sus actividad hasta el nuevo impulso.

Peroneo lateral

Presenta actividad leve (p) durante la fase de plié, en la que está actuando el tibial, pero esta actividad es de intensidad variable según el individuo, oscilando entre el 15-25% (la actividad basal que encontrábamos en el caso del tibial, en cambio, era de intensidad más uniforme de un individuo a otros).

Inicia su actividad propiamente (P), al comenzar la fase de rélevé, momento de su máxima actividad, o 100%, y lo hace de forma sincrònica con el sóleo. La finaliza, en algunos casos, también entonces, pero casi siempre acaba antes del final del rélevé, justo cuando el grado de flexión plantar del pie comienza a disminuir. Así, tenemos que el peroneo deja de actuar antes, justo cuando desaparece el grado máximo de plié, si observamos la goniometría, mientras que el sóleo va disminuyen-

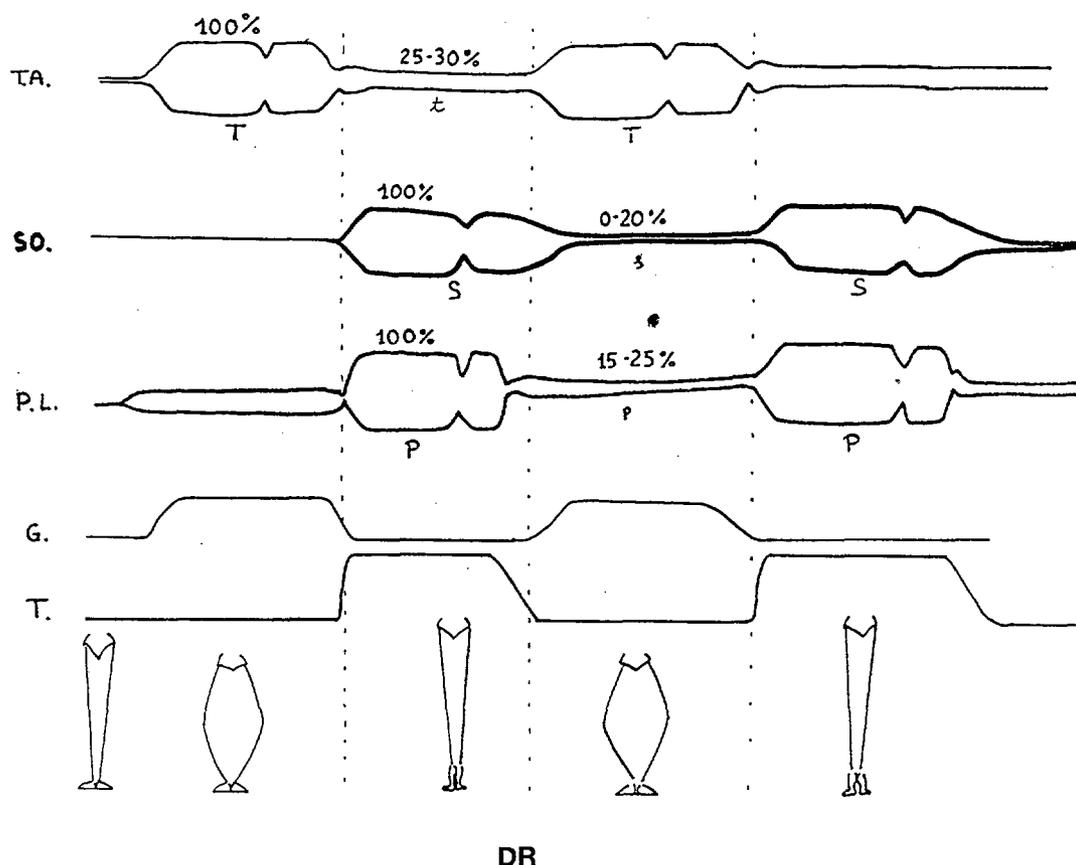


Figura 3
Figura 3

Possiblement, l'activitat que presenten Soli i Peroneal durant la fase descendent del salt i durant la caiguda, correspongui a una contracció excèntrica amb la finalitat de control o frenat d'aquesta caiguda.

Es pot observar en general una diferència de voltatge entre ballarines i no ballarines (tendència entre el grup de ballarines a presentar uns voltatges superiors), i la diferència sembla ser més gran en el cas d'aquest múscul que en els altres, considerant tot això com una impressió no objectivable. És a dir, que podria ser que, relacionant l'activitat d'un múscul amb la dels altres dos, el Peroneal jugui un paper més important en el grup de les ballarines que en el reste.

Discussió

En quant als voltatges que hem trobat són bastant alts, i sembla que siguin superiors als de les noies no ballarines estudiades. Però ens interessa més la observació del comportament muscular que no pas la força amb la que actuen en termes absoluts, ja que aquí hi entren factors de variació tals

do más gradualmente, de forma más paralela a la evolución goniométrica del tobillo. Durante la fase de actividad máxima, también presenta un comportamiento bifásico.

El voltaje promedio era de 680 microV. En las no bailarinas era de 212.

En el DS, el peroneo presenta a su máxima (100%) en una contracción rápida y breve, simultánea a la contracción máxima del sóleo también durante el momento previo a la elevación del salto, y disminuye también rápidamente ya en la fase ascendente, pero sin volver a presentar un nuevo incremento, como lo hacía el sóleo, si no que se mantiene desde este momento con una actividad de un 15-25% de su máxima en este movimiento saltado, durante el resto del salto y en la caída al suelo, hasta el momento de impulso para el nuevo salto, que es inmediato a la caída, ya que los saltos son continuos y empalmados.

Posiblemente, la actividad que presenta sóleo y peroneo durante la fase descendente del salto y durante la caída, corresponde a una contracción excéntrica con la finalidad de control o frenado de esta.

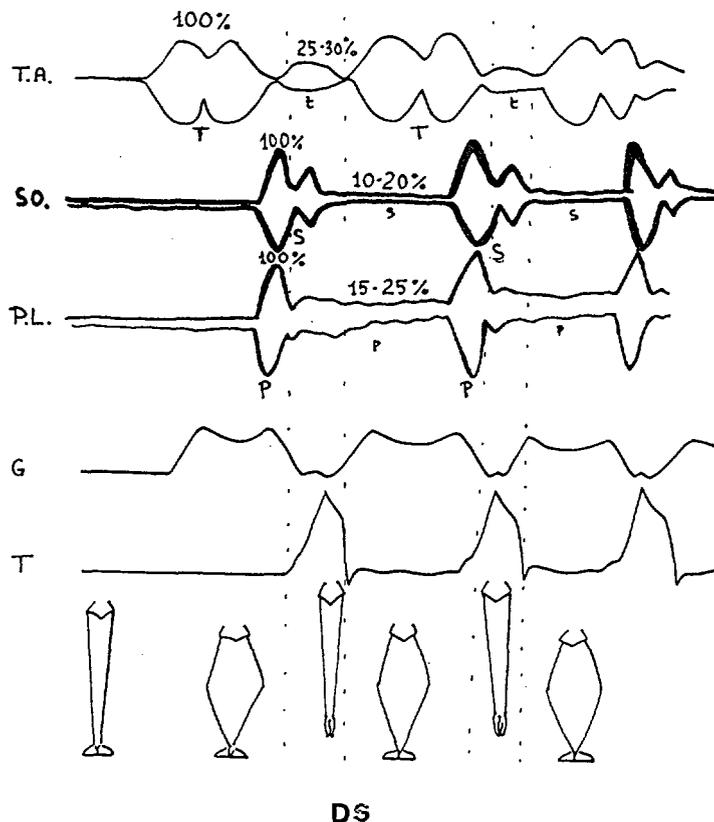


Figura 3
Figura 3

com el pes corporal, el major o menor grau de transmissió elèctrica d'un múscul a un altre o de un individu a un altre, petites variacions que hi pot haver en quant a la localització de l'electrode de un registre a un altre consecutiu, etc., factors tots ells que faran variar el valor del voltatge, i que en canvi no són factors que ens interessin valorar. Tampoc és el que ens pot aportar dades sobre la biomecànica d'aquest moviment. Per tant, a pesar de que els voltatges trobats en les ballarines, presos en valors absoluts, són superiors als de les altres noies, no podem valorar-ho, per la existència de tots aquests factors.

Destaquem que:

- Existeix una activitat de petit voltatge (t) per part del T.A., que és simultània a la contracció del Soli durant el rélévé, apareixent i desapareixent juntes.

En el cas de que hi hagi un interval entre la contracció del Tibial (T) i la del Soli (S), és a dir, quan la ballarina es para algun instant en posició neutre entre la execució del plié i la del rélévé, aquesta activitat (t) no apareix fins que no comença a contraure's el Soli.

Per tant, cal suposar que t no és una simple continuïtat de T, sino més aviat una activitat lleu del

Se puede observar en general una diferencia de voltaje entre bailarinas y no bailarinas (tendencia entre el grupo de bailarinas a presentar unos voltajes superiores), y la diferencia parece ser más notable en el caso de este músculo que en los otros, considerando todo esto como una impresión no objetivable. Es decir, que podrá ser que relacionando la actividad de un músculo con la de los otros dos, el peroneo juegue un papel más importante en el grupo de las bailarinas que en el resto.

Discusión

En cuanto a los voltajes que hemos encontrado son bastante altos, y parece sean superiores a las de las muchachas no bailarinas estudiadas. Pero nos interesa más la observación del comportamiento muscular que no la fuerza con la que actúan en términos absolutos, ya que aquí entran factores de variación tales como el peso corporal, el mayor o menor grado de transmisión eléctrica de un músculo u otro o de un individuo u otro, pequeñas variaciones que pueden haber en relación a la localización del electrodo de un registro a otro consecutivo, etc., factores todos ellos que

Tibial Anterior prèvia al *rélévé*, potser d'estabilització del turmell dins d'un eix longitudinal abans d'iniciar el moviment del *rélévé*, o potser de desplaçament anterior del centre de gravetat per a poder realitzar el següent moviment.

En les no ballarines, aquesta activitat no apareix, o be apareix, però de forma no tan organitzada, encara que apareixien algunes petites senyals d'activitat, amb preferència a l'inici i al final de la contracció del Soli (estabilització?), o inclús de vegades una petita senyal (t) abans de la T o contracció del Tibial.

Això pot tenir a veure amb determinats reflexes de inhibició de la activitat, provinents del sistema nerviós central, abans de una contracció voluntària, de forma que podria haver una previa activitat lleugera, potser estabilitzadora, inhibida just abans de la contracció voluntària, que és la veritablement generadora del moviment.

- Hi ha també una petita activitat del PL durant el plié (mentre actua el TA), que és variable segons l'individu. Això pot correspondre al manteniment d'un cert grau d'eversió del peu en aquesta fase. També apareix cert grau d'activitat durant els salts, mentre es fa el *démi-plié*.

El Soli manté una activitat també durant el *démi-plié*, però que sol ser en menor grau que la del Peroneal.

- S'observa un nivell d'activitat relativa (activitat expressada en els percentatges que hem calculat i que figuren en els resultats) més important per part del Peroneal Lateral, en relació a l'activitat sincrònica del Soli, durant el *rélévé*, en les ballarines que en les altres noies, encara que les comparacions entre dos músculs, dins el mateix individu, no són del tot valorables, pels factors que abans argumentàvem del grau de transmissió elèctrica, superficialitat dels feixos musculars enregistrats.

Aquesta contracció del Peroneal Lateral s'inicia sincrònicament amb la del Soli, però aquesta última s'allarga quelcom més al final d'aquesta fase del moviment.

En les no practicants, la contracció del peroneal Lateral és igual en voltatges a la del Soli, o be aquesta la supera. Aquesta diferència entre un grup i l'altre es podria relacionar amb un aprenentatge necessari per a poder executar correctament aquests moviments estudiats. Potser és més fàcil que el Peroneal Lateral desenvolupi la seva potència, i per tant a la llarga prengui més protagonisme, com a mínim en aquest tipus de moviment. El resultat serà un predomini relatiu del Peroneal. S'hauria de veure si passa el mateix quan es tracta de mantenir aquesta posició del *rélévé* amb "en *déhors*" durant llarga estona, el que implica un treball més de tipus isomètric.

Per altra banda, una major acció del Peroneal pot equilibrar les forces laterals actuant sobre el peu en el moment del *rélévé*. La posició de mitja punta en rotació externa presenta dificultats en

harán variar el valor del voltaje y que, en cambio, no son factores que interese valorar. Tampoco es el que nos pueda aportar datos sobre la biomecánica de este movimiento. Por tanto, pese a que los voltajes encontrados en las bailarinas, tomados en valores absolutos, son superiores a los de las otras chicas, no podemos valorarlo por la existencia de todos los factores citados.

Destaquemos que:

- Existe una actividad de pequeño voltaje (t) por parte del T.A., que es simultánea a la contracción del sóleo durante el *rélévé*, apareciendo y desapareciendo juntas.

En el caso de que haya un intervalo entre la contracción del tibial (T) y la del sóleo (S), es decir, cuando la bailarina se para un instante en posición neutra entre la ejecución del plié y la del *rélévé*, esta actividad (t) no aparece hasta que no comienza a contraerse el sóleo.

Por tanto cabe suponer que (t) no es un simple continuidad de T, si no más bien una actividad leve del tibial anterior previa al *rélévé*, puede ser de estabilización del tobillo dentro de un eje longitudinal antes de iniciar dicho movimiento, o bien de desplazamiento anterior del centro de gravedad para poder realizar el siguiente movimiento.

En las no ballarines, esta actividad no aparece, o bien aparece de forma no tan organizada, aunque si aparecen algunas pequeñas señales de actividad con preferencia al inicio y al final de la contracción del sóleo (estabilización), o incluso a veces una pequeña señal (t) antes de la T o contracción del tibial.

Esto puede tener algo que ver con determinados reflejos de inhibición de la actividad, procedentes del sistema nervioso central, antes de una contracción voluntaria, de forma que podría haber una ligera actividad previa, puede ser estabilitzadora, inhibida justo antes de la contracción voluntaria, que es la verdadera generadora del movimiento.

- Hay también una pequeña actividad del PL durante el plié (mientras actúa el TA), que es variable según el individuo. Esto puede corresponder al mantenimiento de un cierto grado de eversión del pie en esta fase. También aparece cierto grado de actividad durante los saltos, mientras se hace el *démi-plié*.

- El sóleo mantiene una actividad también durante el *démi-plié*, pero suele ser en menor grado que la del peroneo.

- Se observa un nivel de actividad relativa (actividad expresada en los porcentajes que hemos calculado y que figuran en los resultados) más importantes por parte del peroneo lateral, en relación a la actividad sincrónica del sóleo, durante el *rélévé*, en las bailarinas que en las otras chicas, aunque las comparaciones entre dos músculos, en un mismo individuo, no son del todo valorables, por los factores argumentados precedentemente del grado de transmisión eléctrica, superficialidad de los haces musculares registrados...

quant al manteniment de l'equilibri. Per poder tenir una base sustentadora, s'hauria de recolzar sobre el terra la quasi totalitat dels dits, però això implica un moviment de inversió del peu, per tal de poder recolzar el cap dels cinc metatarsians, sobretot si l'individu té una fórmula metatarsal molt escalonada i preten recolzar tots els metatarsians. Per a corregir aquesta inversió, que és un error tècnic, ha d'actuar el Peroneal, encara que sigui a costa de perdre superfície sustentadora.

Ja no en el relévé sino en el plié pot ser que també hagi de treballar bastant, quan no hi ha un suficient "en déhors" i el peu fa una incorrecta eversió.

La importància que adquireix d'aquesta manera aquest múscul podria ser la causant d'una hipertonia crònica, que es pot observar a nivell de la vora externa del peu, i que pot incrementar la presència de peus cavo-valgs, fenomen observat freqüentment entre ballarins, ja que l'acció del PLL favoreix aquesta posició de l'arc plantar.

D'altre banda, quan el peu és en eversió, si aquest múscul està mantenint un alt grau d'activitat, pot ser que tingui una acció varitzant sobre el primer metatarsià, per la tracció realitzada sobre la seva base, i alhora valguitzant i rotadora del dit. La posició en certes passes del ballet fa col·locar el dit en abducció. Si, simultàniament, hi ha una hiperactivitat del Peroneals, hi haurà aquesta tendència a la eversió del peu i a la varització del metatars, factors tots dos afavoridors de l'hàl-lux valg.

Així, tenim que un Peroneal hipertònic seria afavoridor de l'aparició del peu cavo-valg i de l'hàl-lux valg.

- Els tres músculs presenten sovint una actuació bifàsica en aquells moments de la seva màxima activitat, que podria correspondre a una primera contracció per assolir la nova posició, i una segona com a intent de assolir-la en el màxim grau. Aquest comportament bifàsic, però, és molt lleu. Són dues fases separades per un instant breu en el que la activitat baixa una mica de nivell.

- En quant als salts, s'observa una extraordinària regularitat dels cicles, amb igual amplitud de moviment articular i d'activitat muscular d'un cicle a l'altre. Caldria veure què passa quan es realitzen diversos salts seguits, de forma que els músculs vagin caient en la fatiga, ja que diferents músculs poden respondre de diferents formes, i podria ser aquest el cas del Peroneal i el Soli. Es sap, per exemple, que la musculatura extensora del genoll respon de diferent forma a la fatiga de la que ho fa la musculatura de la flexió plantar, e inclús hi ha diferències entre Soli i Gastrocnemi després de les múltiples flexions plantars repetides.

Durant els salts tampoc hi ha cap moment en el que l'activitat de cap múscul desaparegui. El Tibial es manté actiu mentre dura el protagonisme dels altres dos, i viceversa. El Tibial es contrau en dues fases durant el plié o fase de caiguda-impuls, i coincideix amb la línia representativa de la gonio-

Esta contracción del peroneo lateral se inicia sincrónicamente con la del sóleo, pero esta última se alarga algo más de esta fase del movimiento.

En las no practicantes, la contracción del peroneo lateral es igual en voltaje a la del sóleo, o bien ésta la supera.

Esta diferencia entre un grupo y otro se podría relacionar con un aprendizaje necesario para poder ejecutar correctamente estos movimientos estudiados. Puede sea más fácil que el peroneo lateral desarrolle su potencia, y a la larga asuma un mayor protagonismo, como mínimo, en esta tipo de movimiento. El resultado será un predominio relativo del peroneo. Se habría de ver si sucede lo mismo cuando se trata de mantener esta posición del relévé en "déhors" durante largo tiempo, lo que implica un trabajo de tipo isométrico.

Por otro lado, una mayor acción del peroneo puede equilibrar las fuerzas laterales que actúan sobre el pie en el momento del relévé. La posición de media punta en rotación externa presenta dificultades en cuanto al mantenimiento del equilibrio. Para poder tener una base sustentadora se habría de poder apoyar sobre el suelo la casi totalidad de los dedos, pero ello implica un movimiento de inversión del pie para poder apoyar la cabeza de los cinco metatarsianos, sobre todo si el individuo tiene una fórmula metatarsal muy escalonada y pretende apoyar todos los metatarsianos. Para corregir esta inversión, que es un error técnico, ha de actuar el peroneo, aunque sea a costa de perder superficie sustentadora.

Ya no en el relévé sino en el plié puede que también se haya de trabajar bastante, cuando no hay un suficiente "en déhors" y el pie hace una incorrecta eversión.

La importancia que adquiere de esta manera este músculo podría ser la causante de una hipertonia crónica, que se puede observar a nivel del borde externo del pie, y que puede incrementar la presencia de pies cavo-valgos, fenómeno observado con frecuencia entre bailarines, ya que la acción del PLL favorece esta posición del arco plantar.

De otra parte, cuando el pie es en eversión, si este músculo está manteniendo un alto grado de actividad, puede darse que tenga acción varizante sobre el primer metatarsiano, por la tracción realizada sobre su base, y a la vez valguizante y rotadora del dedo. La posición en ciertos pasos del ballet hace colocar el dedo en abducción. Si, simultáneamente, hay una hiperactividad del peroneo, se dará esta tendencia a la eversión del pie y a la variación del metatarso, factores los dos favorecedores del hallux valgus.

Así, tenemos que un peroneo hipertónico sería favorecedor de la aparición del pie cavo-valgo y del hallux valgus.

- Los tres músculos presentan a menudo una actuación bifàsica en aquellos momentos de máxima actividad, que podría correspondre a una pri-

metria, que reflexa els dos moments de la flexió per la caiguda, i una nova flexió previa al salt.

El Soli i Peroneal mostren una diferència en quant a la seva acció immediatament després de l'impuls del salt, i és que el Soli torna a fer una segona contracció ràpida i breu durant la fase ascendent, cosa que no fa el Peroneal que, en canvi, sembla que mantingui més activitat durant la caiguda i el démi-plié.

Els potencials dels músculs poden variar segons l'angle adoptat per l'articulació en qüestió. Per exemple, és diferent l'acció del Tríceps Sural segons el grau de flexió plantar, ja que hi ha un cert grau de tensió de les fibres musculars, previa a la contracció, que fa augmentar la força d'aquesta. Existeix la teoria que la posició de repòs articular és la òptima per a l'acció dels músculs implicats, però en el cas del Tríceps hi ha algun treball que demostra que no és així.

Per a l'acció del Tríceps també influirà, lògicament, el grau de flexió del genoll, que també implica major o menor estirament, encara que no del Soli, sino del Gastrocnemi, però tampoc queda això tan clar, segons el mateix estudi.

En el nostre cas, les ballarines fan un previ estirament del Soli, durant el plié, però aquest estirament queda anulat com a facilitador de la contracció, ja que, abans del relévé, passen per un moment de posició neutre, en bipedestació total i extensió del genoll, i a una velocitat més o menys lenta. Per tant, el Soli i Peroneal Lateral parteixen de una posició de recolzament total del peu i de extensió del genoll.

• Entre les ballarines, no hi ha diferències en el comportament dels músculs entre el moviment realitzat en primera posició (amb rotació externa de la extremitat) o en sisena (sense rotació). Per tant, el major o menor grau de rotació no és un condicionant per al patró muscular seguit, ni tampoc és una explicació a les possibles diferències entre el patró seguit per les ballarines i el de les no ballarines, donat que aquestes últimes solen realitzar el moviment amb un menor grau de rotació externa.

• En les ballarines s'observa una major regularitat i uniformitat en quant a les curves definides pels angles articulars seguits per la goniometria, és a dir, una capacitat de repetitivitat del moviment més perfecte.

mera contracció para lograr la nueva posición, y una segunda como intento de alcanzarla en el máximo grado. Este comportamiento bifásico, sin embargo, es muy leve. Son dos fases separadas por un breve instante en el que la actividad baja un poco de nivel.

• En cuanto a los saltos, se observa una extraordinaria regularidad de los ciclos, con igual amplitud de movimiento articular y de actividad muscular de un ciclo a otro. Convendría ver que sucede cuando se realizan varios saltos seguidos, de forma que los músculos vayan cayendo en fatiga, ya que los diferentes músculos pueden responder de diferente manera, y podría ser este el caso del peroneo y del sóleo. Se sabe, por ejemplo, que la musculatura extensora de la rodilla responde de diferente forma a la fatiga de lo que lo hace la musculatura de la flexión plantar, e incluso hay diferencias entre el sóleo y el gastrocnemio después de múltiples flexiones plantares repetidas.

Durante los saltos tampoco hay ningún momento en el que la actividad de ningún músculo desaparezca. El tibial se mantiene activo mientras dura el protagonismo de los otros dos, y viceversa. El tibial se contrae en dos fases durante el plié o fase de caída-impulso, y coincide con la línea representativa de la goniometría que refleja los dos momentos de la flexión por la caída y una nueva flexión previa al salto.

El sóleo y el peroneo muestran una diferencia en cuanto a su acción inmediatamente después del impulso del salto, y es que el sóleo vuelve a hacer una segunda contracción rápida y breve durante la fase ascendente, cosa que no hace el peroneo que, en cambio, parece mantenga una mayor actividad durante la caída y el démi-plié.

Los potenciales de los músculos pueden variar según el ángulo adoptado por la articulación en cuestión. Por ejemplo, es diferente la acción del tríceps sural según el grado de flexión plantar, ya que hay un cierto grado de tensión de las fibras musculares, previa a la contracción, que hace aumentar la fuerza de ésta. Existe la teoría que la posición de reposo articular es la óptima para la acción de los músculos implicados, pero en el caso del tríceps hay algún trabajo que demuestra que no es así.

Para la acción del tríceps también influirá, lógicamente, el grado de flexión de la rodilla, que también implica mayor o menor estiramiento, aunque no del sóleo, si no del gastrocnemio, pero tampoco queda esto tan claro, según el mismo estudio. En nuestro caso, las bailarinas hacen un estiramiento previo del sóleo, durante el plié, pero este estiramiento queda anulado como facilitador de la contracción, ya que, antes del relévé, pasan por un momento de posición neutra, en bipedestación total y extensión de la rodilla, y a una velocidad más o menos lenta. Por tanto, el sóleo y el peroneo lateral parten de una posición de apoyo total del pie y de extensión de la rodilla.

Entre las bailarinas, no hay diferencias en el comportamiento de los músculos entre el movimiento realizado en primera posición (con rotación externa de la extremidad) o en sexta (sin rotación). Por tanto el mayor o menor grado de rotación no es un condicionante para el patrón muscular seguido, ni tampoco es una explicación a las posibles diferencias entre el patrón seguido por las bailarinas y el de las no bailarinas, dado que estas últimas suelen realizar el movimiento con un menor grado de rotación externa.

- En las bailarinas se observa una mayor regularidad y uniformidad en cuanto a las curvas definidas por los ángulos articulares seguidos por la goniometría, es decir, una capacidad de repetitividad del movimiento más perfecta.

Bibliografía

1. BASMAJIAN: Electrofisiología de la acción muscular. Ed. Med. Panamericana, S.A., Buenos aires, 1976.
2. ENDE; WICKSTROM: "Ballet Injuries", Physician-Sportsmed, 10/7, p. 100-115, 1982.
3. FERLAND; GARDINER; LEBE-NERON: "Analysis of the Electromyographic Profile During the Demi-Plié in Dance", Medicine and Science in Sports and Exercise, vol, 15, núm. 1, p. 159 (abstract), 1983.
4. GANS: "The Relationship of heel contact in ascent and descent from jumps to the incidence of shin splints in ballet dancers", Phys-Ther, Aug, vol. 65 (8), p. 1.192-6, 1985.
5. GELABERT: Anatomy for the Dancer with Exercises to Improve Technique and Prevent Injuries, vol. 1, 2. Ed. William COMO, New York, 1966.
6. GELABERT: "Preventing Dancer's Injuries", The Physician and Sports Medicine, vol. 8, n. 4, april, p. 69-76, 1980.
7. Gerdle; JOHANSSON; LORENTZON: "Relationship between work and Electromyographic Activity During Repeated Leg Muscle Contractions in Orienteers", Eur. J. Appl. Physiol., vol. 58, p. 8-12, 1988.
8. LAWS: The Physics of Dance, Shirmer Books (A Division of Macmillan, Inc.). New York, 1984.
9. MARR: "The Ballet Foot", J-Am-Podiatry-Assoc, Mar, vol. 73 (3), p. 124-32, 1983.
10. RYAN, STEPHENS: The Healthy Dancer A Dance Horizons Books. Princeton Book Company, Publishers POB 57. Pennington, NJ 08534 USA, 1987.

