

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA



TESIS DOCTORAL

Soporte muscular de la bóveda plantar estática

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR

Luis-Fernando Llanos Alcázar

Madrid, 2015

ANT 2961 Puente

LUIS FERNANDO LLANOS ALCAZAR

Profesor Titular de la Facultad de Medicina
Universidad Complutense de Madrid

**Soporte muscular de la
bóveda plantar estática**

MADRID - 1986

	<u>Pag.</u>
INTRODUCCION	1
HIPOTESIS	9
CONCEPTO Y DESCRIPCION DE LA BOVEDA PLANTAR.	17
MATERIAL Y METODO	31
REVISION HISTORICA	55
Mecanismos del pie: acción de los músculos y ligamentos como soporte y en relación con la bóveda - plantar.	59
Estudio por métodos analíticos de la bóveda plantar.	68
Estudio electromiográfico de los músculos que actúan sobre el pie.	73
RESULTADOS OBTENIDOS	89
<u>Análisis de los resultados obteni- dos.</u>	94
1º Valoración cualitativa de - los resultados.	95
2º Valoración cuantitativa de los resultados.	119
DISCUSION Y CONCLUSIONES	157
TESIS	177
BIBLIOGRAFIA	183

Al lector

El libro que tienes en tus manos no es una obra reciente; se -
gestó hace años en la Cátedra 1ª de Anatomía de la Universidad -
Complutense de Madrid. Al volver hoy sobre su contenido, el autor
advierte aspectos controvertidos o insuficiencias (algunas de --
ellas fácilmente subsanables) pero que, en su conjunto, no alte--
ran el sentido y fin de su propuesta. También persiste el deseo -
de que pueda ser útil al investigador o al clínico del Aparato Lo
comotor que dirija su atención hacia la biomecánica y patología -
del pie.

Madrid, octubre de 1.986.

I N T R O D U C C I O N

Todo trabajo de investigación debe partir de una serie de experiencias previas e intentar responder a unos interrogantes que constituyen la motivación ó justificación del mismo; más adelante podremos revisar en los apartados correspondientes cuales son dichos conocimientos previos y qué interrogantes fundamentales plantean a nuestro entender.

No obstante, desde un punto de vista general, la justificación de éste trabajo de investigación viene dada por:

1º Su interés anatómico

No vamos a ocuparnos de aspectos sobradamente conocidos de la anatomía del pie, y más concretamente de la bóveda plantar; exceptuamos algunos que hemos considerado necesario revisar para el mejor planteamiento de la presente investigación y que se reflejan en el capítulo correspondiente.

Sin embargo, al lado de hechos hoy claramente establecidos a la luz de la Antropología y de la Anatomía Descriptiva y Topográfica, existen otros aspectos dignos de atención pertenecientes al campo de la Anatomía Funcional, tales como la adaptación de diversas estructuras (como las que componen la bóveda plantar) a situaciones de plasticidad ó reactividad frente a sobrecargas permanentes ó transitorias ó a cambios en la columna estática corporal con sus manifestaciones concomitantes en el pie, estructura distal de dicha columna.

El estudio de la interacción de los diversos elementos activos que conforman la bóveda plantar y, más concretamente, de la actividad muscular a su nivel en diver-

sas posiciones y tanto en situaciones de estática pura como de sobrecarga, nos parece un objetivo de interés por si mismo y por la posibilidad de integrarse en otros campos de investigación, tales como el estudio de la marcha, situaciones patológicas, etc.

2º Actualidad del tema

Una larga polémica viene desarrollándose sobre cuáles son las estructuras que desempeñan un papel mas importante en el mantenimiento de la bóveda plantar: huesos ligamentos ó músculos.

Como podremos ver en la revisión bibliográfica, se han sucedido los experimentos y publicaciones, algunos de los cuales han quedado como clásicos dentro del estudio de la estática del pie, tales como los de MORTON J. 1930-35 (86 y 87), JONES, R. 1941 (67) y HICKS, J. -- 1955-56 (57 y 58). En todos ellos se realizaron experimentos en las más diversas condiciones en un intento de hallar las fuerzas que actuaban sobre la bóveda plantar, de cuál era su reparto a lo largo de las diversas estructuras componentes de la misma y, en definitiva, de a cuál había que conceder la primacia en su sostenimiento.

Las teorías a favor ó en contra de la mayor importancia de las estructuras pasivas (huesos y ligamentos) frente a las activas (músculos), fueron dando paso a una actitud más ecléctica como la que adoptaron HARRIS, R. y BEATH, T., 1948 (53).

En los últimos veinte años hemos asistido a una evolución en el sentido de asignar una prioridad total a las estructuras pasivas y un valor casi nulo a los músculos

en el mantenimiento de la bóveda plantar. Entre los de otros muchos investigadores destacan los estudios realizados por BASMAJIAN, J. y cols. (8, 9, 10 y 11) quienes utilizando técnicas electromiográficas han llegado a la conclusión de que la musculatura no representa un papel importante en la estática del pie. Sin embargo no se han detenido en éste punto las investigaciones puesto que:

1º existe cierta actividad muscular (en esto están de acuerdo prácticamente todos los investigadores), pero es preciso cualificarla y perfeccionar las técnicas de exploración electromiográficas para hacerlas más precisas y selectivas.

2º Interesa conocer la reacción de la musculatura ante situaciones de déficit estructural ó sobrecarga y saber que músculos ó grupos musculares pueden en un momento determinado suplir dichas circunstancias a expensas de un aumento de su actividad.

Como indicaba BASMAJIAN, J., 1967 (10): " parece obvio que cualquier afirmación respecto del papel de los músculos en el soporte de los arcos del pie de disposición débil -se refiere a los pies planos-, requiere una confirmación electromiográfica ulterior". Nosotros creemos hoy día, que debe hacerse extensiva ésta recomendación a todo estudio muscular de interacción ya sea estática o estato-dinámica, razón por la cual hemos elegido éste medio auxiliar para el objeto de nuestro trabajo.

Han sido siete los músculos explorados con técnicas electromiográficas, debiendo advertirse que no ha sido en ningún momento nuestro propósito el estudio exhaus-

tivo de los diversos caracteres que componen el trazado electromiográfico (tales como ritmo, intensidad, duración, etc.) ya que éstos nos han servido únicamente para comprobar la normalidad de los distintos músculos y trazados obtenidos; otra cosa creemos que hubiera sido incurrir en el riesgo de dispersión.

Los citados siete músculos han sido seleccionados con arreglo al siguiente criterio:

- a) Tres músculos intrínsecos, éste es con su origen e inserción en el pie.
- b) Tres extrínsecos, con origen fuera del pie e inserción en él, y que, presumiblemente debían actuar de alguna manera sobre la bóveda plantar, ya sea teniendo una función estabilizadora o bien actuando directamente sobre los arcos.
- c) Un músculo testigo, con una relación indirecta con la bóveda y que pueda reflejar por vía de comparación el mayor o menor rigor de nuestros hallazgos.

3º Aplicación de los hallazgos

No es objetivo de ésta investigación el analizar actitudes patológicas o insinuar pautas terapéuticas, pero hay que recordar como se viene asistiendo en los últimos años a un desarrollo creciente del interés por la clínica y cirugía del pie, que viene siendo canalizado a través de asociaciones y publicaciones específicas.

Autores como DUCROQUET, R. y J., 1965 (31), CECCALDI, A. 1967 (21) y DUBOIS, J. y DURAFORG, M., 1972 (30), han dedicado tratados al estudio de la fisiología del pie - aplicada a aspectos de estado-dinámica, fisioterapia y reeducación, y en ellos se reivindica una vez más el po

sible papel de la musculatura del pie y más concretamente, de la bóveda plantar como eje de la citada reeducación. Del mismo modo, los ejercicios para "corregir" - pies planos, trastornos geriátricos, etc., son de uso - frecuente en la clínica y en ellos suele invocarse como filosofía del método la corrección de actitudes vicio - sas y "el fortalecimiento de la musculatura plantar".

Este evidente interés del clínico por la bóveda plantar nos ha llevado a complementar el estudio electromiográfico de la musculatura con el estudio de la huella - - plantar por medio de la técnica del fotopodograma. Pretendemos con ello llegar a saber si existe una rela - - ción entre la morfología externa de la bóveda - que - sirve para definirla - y la función de los músculos integrados en ella.

Estas razones de tipo anatómico, funcional y clínico - son, en resumen, las que han justificado a nuestro entender el inicio de una investigación sobre los elementos estado-dinámicos constituyentes de la bóveda plantar.

HIPOTESIS

Pocas veces veremos mejor representada la Anatomía -
Funcional y su concepto, como en la forma anatómica -
denominada "bóveda plantar".

¿Cuál es la razón de ésta afirmación?

Si revisamos el concepto de forma y estructura del -
cuerpo humano, veremos como se ha ido modificando paulatinamente, en el tiempo, para finalizar en lo que -
el Prof. GOMEZ OLIVEROS define como "forma viva", éste es "toda esencia material dinámica por los procesos que en ella acontecen, que se ordenan para construir una estructura que desarrolle un rendimiento, -
es decir, una función" (45 y 46).

El porqué y para qué de la forma, competencia de la -
Anatomía Funcional, fue objeto de estudio por vez primera por GUILLERMO ROUX, (109), quien creó el concepto de adaptación funcional como propiedad que tienen las formas vivas para la función y para el ejercicio de la función. Más tarde BRAUS (17), ponía en marcha una Anatomía dinámico-causal, al pensar que toda construcción anatómica humana o animal vivas comprenden una correlación estrecha de la materia, forma y función. Por último, ha sido BENNINGHOFF (14), quien ha perfilado totalmente el concepto de Anatomía Funcional al dar toda la importancia al conjunto de formas ó reunión de estructuras; la parte aislada no quiere decir nada y solamente dentro del conjunto tiene significación; ahora bien, dentro de conjuntos armónicos y homogéneos, esto es, dentro de sistemas. Surge de ésta manera el concepto de Sistema Funcional que, para el citado autor, será el conjunto de varias formaciones

tisulares que colaboran útilmente en pos ó hacia un -
rendimiento supraordenado.

Mas hoy día, aún llegamos más lejos, al comprender en
la forma no solamente su aspecto puramente funcional,
sino también el equilibrio dinámico constante de su -
devenir, y que se manifiesta en constantes cambios -
que ocurren en ella, muy lentos en cuanto a su propia
figura y más rápidos si se trata de estructuras ele -
mentales -BARCIA GOYANES, J., 1962 (6), o, como dice
ORTS LLORCA, "en la forma estamos presentes ante pro -
cesos, no ante hechos"-. Este devenir constante en el
cambio afecta a la función, que en ocasiones crea es -
tados de función configurada (GOMEZ OLIVEROS). Por -
ello, y a la luz de los datos suministrados por estu -
dios histoquímicos y microscopios de polarización de -
bemos sustituir la idea de la estructura como ente es
tático de la sustancia viva, por la de estructura co
mo idea mecánica (BARGMANN, W., 1959) (7).

A la vista de éste breve bosquejo que hemos desarro -
llado sobre el concepto y evolución de la Anatomía -
Funcional, ¿podemos incluir la bóveda plantar dentro
de los Sistemas Funcionales de BENINGHOFF?. Para I. -
KAPANDJI, 1970 (72), la bóveda plantar es un conjunto
arquitectónico que asocia de manera armónica todos -
los elementos osteoarticulares, ligamentarios y muscu -
lares del pie. Gracias a sus cambios de curvatura y a
su elasticidad, la bóveda se puede adaptar a todas -
las irregularidades del terreno y transmitir al suelo
los impulsos y el peso del cuerpo en las mejores con -
diciones mecánicas y en las circunstancias más diver -
sas.

Creemos que en esta definición de la bóveda va implícita la contestación a la pregunta anterior y con ello la íntima unión existente entre la forma y la función a nivel de esta forma anatómica. Y es justamente el paralelismo entre ambas y la posible explicación de la una por la otra, la razón del porqué a lo largo del siglo se han ido sucediendo y multiplicando los estudios realizados relativos a la bóveda plantar, ya sea referidos a aspectos puramente estáticos, (o bien a su adaptación frente a situaciones de stress o sobrecarga), ya sea referidos a su dinámica.

Como ya comentábamos en la Introducción, las teorías a favor y en contra de la mayor o menor importancia de la musculatura en el sostenimiento de la bóveda se han ido sucediendo a lo largo de una serie de experimentos y exploraciones diversas, cuyo resultado final hoy día podemos resumirlo en dos puntos:

1. En los pies normalmente constituidos y en ortostatismo, no es imprescindible la actividad muscular para el mantenimiento estático transitorio de la bóveda plantar.
2. Ante situaciones de stress o sobrecarga, los músculos reaccionan variablemente según sea el tipo de apoyo del individuo y la topografía y actividad de cada uno.

Parece deducirse de lo anterior que quede un margen pequeño para insistir en esta problemática y sin embargo nosotros hemos pensado que no era así por una serie de razones:

- a) La bóveda, ya lo hemos visto, es una "forma viva",

dotada por lo mismo de una plasticidad y de una capacidad de reacción; por ello, el estudio de la estática "pura" nos va a informar de un estadio parcial de su devenir (y no el más frecuente además). Si queremos estudiar de una manera más integral el potencial estático de la bóveda deberemos:

- Ver su reacción cuando el pie se encuentra en ortostatismo sí, pero no en llano, como suele ser habitual.

- Observar su comportamiento frente a situaciones de sobrecarga o stress (exceptuando las dinámicas)

b) Discernir entre cuáles son los músculos o grupos musculares que actúan directamente sobre la bóveda y cuales aquellos que, o bien no actúan o lo hacen indirectamente a otros niveles. Y, más concretamente, comparar el comportamiento de los llamados músculos intrínsecos del pie (ésto es, con origen e inserciones en el mismo) con los extrínsecos (que solamente se insertan en el pie).

c) Como decíamos anteriormente, pocas veces podrá ser tan sugestiva la comparación entre forma y función como en el de la bóveda plantar, y esto es justamente lo que pretendemos realizar, primero con el estudio de los datos morfológicos individuales que se desprenden de la exploración del individuo (verbi gracia, sexo, talla, peso, tipo de pie, fotopodograma, etc.), y, segundo, con la comparación de dichos hallazgos y los resultados electromiográficos referidos a cada pie.

No trataremos pues, de comprobar aspectos ya suficientemente demostrados referentes al posible papel de la

musculatura en el mantenimiento de la bóveda plantar, pero sí de completar por un lado ciertos puntos y de -
agrandar por otro, las posibilidades de estudio sobre la interrelación entre la forma y función a nivel de -
dicha estructura.

¿Cuál es nuestra posición inicial ante el problema?

Es evidente que hoy día difícilmente podríamos hallar defensores del papel "exclusivo" de la musculatura en el mantenimiento de la bóveda plantar, pero igualmente peligroso nos parece la postura contraria de anular to-
talmente su importancia. Y por ello, insistimos en los puntos que antes hemos desarrollado para justificar -
nuestra atención sobre ésta investigación; además re-
cordemos que, como decía BRAUS (18), si los ligamentos fuesen los únicos sustentadores (en unión de la estruc-
tura ósea) de la bóveda, en las parálisis musculares -
existiría inmovilidad pero no cambio de estructuración; el pie está conformado para la locomoción más que para el ortostatismo y los ligamentos pueden resistir una -
solicitud pasajera, que si aumenta, ceden.

Por ello pensamos que el pie normalmente constituido, experimenta unas tensiones en ortostatismo provenientes de la llamada "columna estática del organismo" de la cual es su eslabón distal, para las que está perfectamente preparado con sus estructuras pasivas y con el TONO PERMANENTE de su musculatura. Sin embargo, en posiciones distintas de ortostatismo, ante situaciones -
de sobrecarga o bien cuando existe una desarmonización estructural (p. ej. pies aplanados o excavados), existe una reserva dinámica o funcional representada por -
la musculatura, que, activamente, intentará compensar

dichas situaciones, manteniéndolo la morfología de la bó
veda.

CONCEPTO Y DESCRIPCION DE LA BOVEDA PLANTAR

Si observamos el esqueleto del pie por la planta, veremos que forman una concavidad muy pronunciada el tarso y metatarso; ésta concavidad es lo que se denomina "bóveda plantar" - VILLA, J., 1948 (126).

Para el paleontólogo y el antropólogo, el pie es casi más importante que la mano en la historia de la línea humana; es una parte del cuerpo muy especializada que se adapta tanto fisiológica como morfológicamente a su función de soporte y vehículo del mismo.

El plan arquitectural general es idéntico para el pie y la mano, es el autópodo pentadáctilo esquematizado por GEGENBAHNER, C. (43), y confirmado por la embriología. Dicho plan comprende tres niveles:

1. El basípodo o tarso con dos porciones:
 - Una inferior, las tres cuñas y el cuboides.
 - Otra superior, para la que generalmente se admite la transformación del "os fibulare" en calcáneo, del "os central" en escafoides y del "os intermedio" y "os tibial" en astrágalo.
2. El metápodo o metatarso, comprendiendo los cinco metatarsianos.
3. El acrópodo, comprendiendo los dedos con tres falanges, excepto el hallux que solamente tiene dos.

Este esquema o plan arquitectural va desarrollarse a lo largo del periodo embrionario; cuando el embrión tiene una longitud de 4,5 a 4,8 mm. se pueden notar bien los relieves que forman los esbozos de los miembros inferiores en la cresta de WOLFF el día 30, y que hacia el día 75 se manifestará por la aparición de los primeros centros de osificación (GOMEZ OLIVEROS, L.,(46).

Según éste plan, el pie se desarrollará en los tres ejes del espacio, y el desarrollo en altura que conllevará la formación de la bóveda plantar, va a plantear una serie de cuestiones - HAEGEL, P., 1973 (52)-, que resumimos en dos:

- La bóveda se puede reconocer ya en el feto, pero no aparece realmente hasta la marcha, por lo que podría considerarse como una adaptación del pie a la misma. Sin embargo las líneas de fuerza óseas existen antes del nacimiento, desde el comienzo de la osificación; se trata, pues, de una auténtica preadaptación.

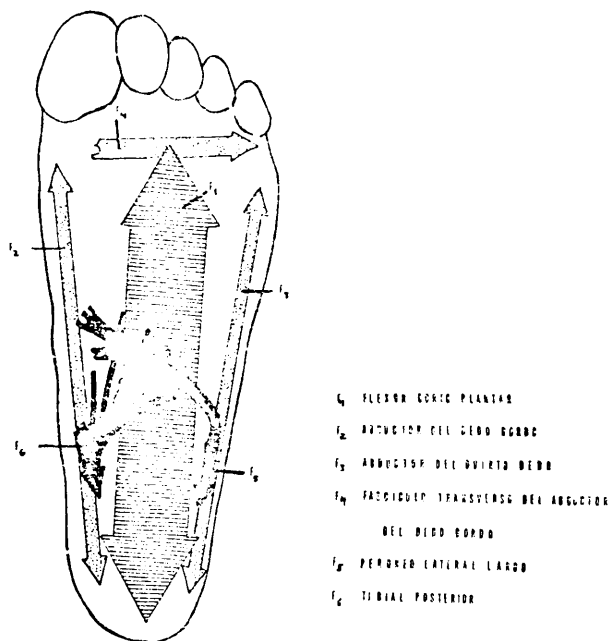
- La planta del pie del hombre es muy diferente de la del mono, lo cual parece normal ya que está adaptada a su manera de caminar. Lo que es más difícil de explicar es el porqué existe antes de la marcha.

Así, el hombre es inicialmente un auténtico cuadrúmano al igual que el mono, pero éste conserva -al menos parcialmente- la disposición embrionaria, en tanto que el hombre se beneficia de una transformación de su mano posterior en pie desde el período fetal, mucho antes de iniciar la deambulación.

La bóveda plantar se halla arqueada doblemente: mientras que la bóveda transversal es una propiedad antigua del mamífero, la longitudinal es adquisición reciente del hombre; para que se estructure la bóveda humana, el hallux ha tenido que perder su capacidad de oposición.

Podemos definirla anatómicamente como una bóveda sostenida por tres arcos y con tres puntos de apoyo; uno posterior, constituido por los tubérculos externo e in

terno del calcáneo (processus lateralis y medialis tuberis calcanei), y dos anteriores, uno interno, formado por la cabeza del primer metatarsiano (caput ossis metatarsalis I), y otro externo, constituido por la cabeza del quinto (caput ossis metatarsalis V)- GOMEZ - OLIVEROS, 1960 (46)-. Entre los dos primeros puntos se tiende el arco anterior, entre el calcáneo (os calcaneus) y primer metatarsiano (os metatarsale primun) el arco interno y entre los dos puntos de apoyo externo se tiende el arco externo. De ellos el interno es el más importante tanto estática como dinámicamente. La parte más culminante de la bóveda corresponde al espacio que queda entre el sustentaculum tali y el escafoides (os naviculare).



- 1 FLETRA ECOTE PLANTAR
- 2 ABDUCTOR DEL DEDO GORDO
- 3 ABDUCTOR DEL QUINTO DEDO
- 4 FASCICULO TRANSVERSO DEL ABDUCTOR DEL DEDO GORDO
- 5 PERONEO LATERAL LARGO
- 6 TIBIAL POSTERIOR

Fig. 1 Esquema de las fuerzas musculares principales que actúan sobre la bóveda del pie (visión plantar).

El peso del cuerpo tiende a aplanar la bóveda por lo - que podría esperarse que ello originara un ensancha- - miento del pie, es decir, un aumento tanto de su diáme- - tro anteroposterior como trnasversal. Sucede sin embar- go, todo lo contrario, cuando un pie normal sostiene - el peso del cuerpo sus diámetros más bien disminuyen - que aumentan -BRAUS (18), CRTS LLORCA (98)-. Para és - tos autores, ello se debe a la contracción refleja de los músculos cortos de la planta del pie y músculos de la pierna que rodean el pie como un estribo desde su - borde interno al externo, y que al contraerse simulta- neamente impiden el ensanchamiento del pie (fig. 1).

La distribución relativa de los impulsos sobre los - - tres puntos de apoyo de la bóveda es tal que, aplicán- dose 6 Kg. de peso sobre el astrágalo, uno corresponde ría al apoyo anteroexterno, dos al anterointerno y - - tres al posterior -MORTON, J., 1935 (87)-.

Existe una adaptación de la bóveda plantar al terreno y así mismo del pie a las alteraciones de la bóveda; - así p. ej. la línea media de la polea astragalina pasa por entre el 2º y 3º dedos del pie, pero cuanto más se aplane la bóveda más se aproxima dicha línea al dedo - gordo, para terminar pasando medial al mismo en el pie plano -BRAUS (18)-. Por otra parte, el pie es capaz de adaptarse a las irregularidades del terreno gracias al ahuecamiento de la bóveda (en este sentido el empleo de zapatos con suelas rígidas origina el que la bóveda ne- cesite realizar menos trabajo de adaptación con la con- siguiente atrofia muscular, lo que según algunos antro- pólogos explicaría el aumento del pie plano, como un - tributo al progreso).

Referente a las distintas inclinaciones del suelo respecto a los pies, podemos observar también dicha adaptación y así, en una pendiente transversal, el pie de abajo se encuentra en supinación, en tanto que el de arriba está en eversión, movimiento mixto en el que el pie adopta la posición de flexión dorsal discreta, abducción y pronación. En el descenso, por el contrario, encontramos el pie inferior -que sirve de anclaje- en inversión, es decir con el pie en posición de ligera extensión, abducción y supinación, con objeto de obtener una adherencia máxima.

Hemos dicho que la bóveda plantar viene definida por tres arcos, que, clásicamente, vienen siéndole descritos como sigue (G. OLIVEROS (17), ORTS (98), TESTUT (119), POIRIER (100), VILLA (126), BENNINGHOFF (15), BRAUS (18), etc.):

1. Arco interno

Además de la tuberosidad pósterointerna del calcáneo (processus medialis tuberis calcanei) y de la cabeza del primer metatarsiano (caput ossis metatarsalis I), el arco interno está constituido por otras piezas óseas: la primera cuña (os cuneiforme mediale), el escafoide (os naviculare) y el astrágalo (os talus); este último recibe los impulsos transmitidos por la pierna y los distribuye por la bóveda conforme con las disposiciones que adoptan las trabéculas óseas. Esta función receptora y transmisora de fuerzas del astrágalo (os talus) es destacada grandemente por autores como LELIEVRE, quien llega a afirmar (77) que el astrágalo realmente no pertenece a la bóveda y sí más bien está situado en ella a modo de superestructura que, del pilón tibial recibe el

peso del cuerpo, para transmitirlo, por una parte al -
calcáneo (os calcaneum) y por otra al antepié.

Dicha transmisión de fuerzas va a ser posible seleccio-
narlas y dirigirlas mediante unas líneas de fuerzas o -
sistemas trabeculares, de los que el más importante es
el "sistema talámico", siendo complementado por los sis-
temas apofisario anterior, plantar y aquileo. Estos sis-
temas han sido bien estudiados por ROIG, VILADOT y ES -
CARPENTER, 1959 (107), quienes han descrito dos siste-
mas suplementarios: el sistema "maleolo-astrágalo-calcá-
neo" y el que ROIG, 1958 (106), describe como, "sistema
de cohesión interna". Aun hay que añadir los ligamentos
y músculos, quienes formando un todo con las trabéculas

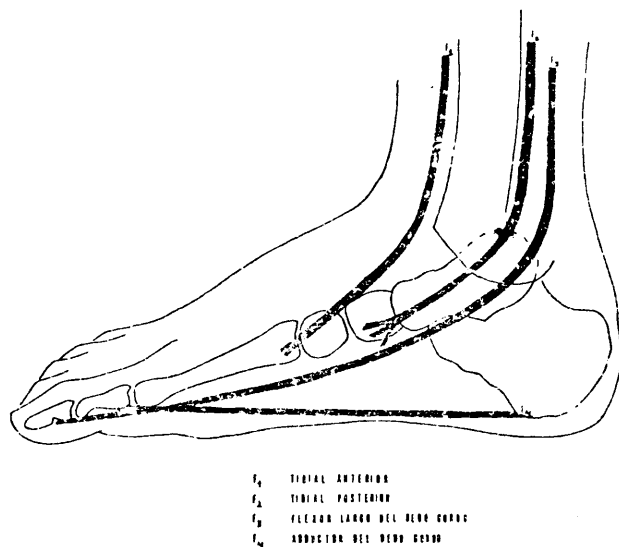


Fig. 2 Esquema de fuerzas musculares que actúan so-
bre la bóveda del pie (arco interno).

óseas constituyen lo que ARANDES y VILADOT, 1953 (5), describieron como "sistema aquileo-calcáneo plantar".

¿Cuáles son los elementos tensores del arco? Además de numerosos ligamentos que unen entre sí las piezas - - óseas y entre los que destacan por su importancia el - ligamento calcáneoescafoideo plantar (lig. calcaneonavicularare plantare) y el calcáneoastragalino interóseo (lig. talocalcaneare anterior), actúan como tensores - los siguientes músculos (fig. 2):

- a) M. Tibial posterior (m. tibialis posterior), que actúa sobre el escafoides (os naviculare), llevándolo hacia abajo y detrás de la cabeza del astrágalo (os talus).
- b) M. Peroneo lateral largo (m. fibularis longus), ya que al flexionar el primer metatarsiano (os metatarsium primun) sobre la 1ª cuña (os cuneiforme mediale) y ésta sobre el escafoides (os naviculare), aumenta la concavidad del arco interno.
- c) M. Flexor propio del dedo gordo (m. flexor hallucis longus), hace el papel de estabilizador del astrágalo (os talus) y calcáneo (os calcaneus), al pasar - tras los tubérculos posteriores del primero (processus lateralis y medialis tuberis calcanei) y bajo el sustentaculum talare.
- d) M. flexor corto del dedo gordo (m. flexor hallucis brevis), que, al contraerse, acorta el arco.
- e) M. Abductor del dedo gordo (m. abductor hallucis), que forma la cuerda total del arco interno, aumentando su concavidad al contraerse.

f) M. ~~A~~dductor del dedo gordo (m. adductor hallucis), que actúa sobre el arco interno cuando se contrae su porción oblicua (caput obliquum).

Es importante recordar que es justamente el arco interno el que va a dar su máxima expresión a la bóveda plantar, alcanzando a nivel del escafoides, (os naviculare) clave de la bóveda, una altura de 15 a 18 mm. sobre el plano del suelo, razón por la que no toca el suelo durante la marcha.

2. Arco externo

Comprende solamente tres piezas óseas, las ya mencionadas (tuberosidad posterointerna de calcáneo -processus medialis tuberis calcanei- y cabeza de quinto metatarsiano -caput ossis metatarsalis V-) y el cuboide (os cuboideum), éste, suspendido por encima del suelo.

Este arco es menos elevado que el interno (de 3 a 5 mm. sobre el suelo), tomando contacto con el suelo a través de las partes blandas. La transmisión de los impulsos mecánicos se efectúa por medio del astrágalo y a través de dos sistemas trabeculares (trabéculas anteriores y posteriores), a los que hay que añadir un sistema arciforme superior y otro inferior contenidos en el calcáneo.

Al contrario que el arco interno, el externo es muy rígido, debido sobre todo a la potencia del gran ligamento calcaneocuboideo plantar (lig. plantare longum). La clave de la bóveda se localiza a nivel de la apófisis mayor del calcáneo (apófisis mayor calcanei).

Los tensores activos del arco están representados -
fundamentalmente por los siguientes músculos:

- a) M. Peroneo lateral corto (m. fibularis brevis),
que impide con el ligamento calcaneocuboideo - -
plantar (lig. plantare longum), que las articula-
ciones se abran por la cara plantar.
- b) M. Peroneo lateral largo (m. fibularis longus),
exagerando la curvatura del arco.
- c) M. Abductor del quinto dedo (m. abductor digiti
quinti), que forma la cuerda total del arco ex -
terno, razón por la cual se explique, probablen-
te, la circunstancia de que "sea mucho músculo -
para un dedo tan pequeño y poco movable" como se
ñala VILLA.
- d) M. Flexor corto del dedo pequeño (m. flexor digi-
ti quinti brevis) y M. Oponente del dedo pequeño
(m. opponens digiti quinti), quienes tensan y re-
fuerzan respectivamente la bóveda plantar en senti-
do ánteroposterior.

3. Arco anterior

Se encuentra tendido desde la cabeza del primer me-
tatarsiano (caput ossis metatarsalis I) a la del -
quinto (caput ossis metatarsalis V); aquí la clave
de la bóveda se situa a nivel de la cabeza del se -
gundo metatarsiano (caput ossis metatarsalis II), -
si bien, como veremos, se encuentra en franca discu-
sión la prioridad de apoyo de las cabezas de unos -
metatarsianos sobre los restantes. Todo éste arco -
establece contacto con el suelo a través de las par

tes blandas representadas por la eminencia digito - plantar.

La concavidad del arco es poco pronunciada y los elementos óseos se encuentran unidos por los ligamentos intermetatarsianos plantares (lig. basium ossium metatarsi plantaris) y por un solo músculo el fascículo transversal del M. Aproximador del dedo gordo - (caput transversum m. abductor hallucis).

Los tensores activos del arco están representados - por los músculos.

- a) M. Aproximador del dedo gordo (m. adductor hallucis) que forma la cuerda total del arco.
- b) M. Peroneo lateral largo (m. fibularis longus), que por su topografía y relaciones aumenta la - curvatura de los tres arcos.
- c) M. Tibial posterior (m. tibialis posterior), por mediación de sus expansiones plantares.
- d) Ms. Interóseos dorsales y plantares (m. interossei dorsales y ventrales), quienes mantienen - unidos los metatarsianos y refuerzan la bóveda - plantar.

Con éstos datos no queremos formar una idea un tanto esquemática de la bóveda plantar, ya que, repetimos, se trata de una forma dinámica; por ello será preciso tener presente que las estructuras osteo-ligamentarias o musculares que hemos descrito son aquellas que contribuyen principalmente a su conformación pero que existen otras que contribuyen con sus fuerzas así mismo a equilibrarla, y así: las prolonga -

ciones de la aponeurosis plantar a las cápsulas articulares que van a conferir mayor resistencia a la misma. Ya hemos visto como los músculos cortos del pie actúan sobre la bóveda tensándola; estos músculos nacen en la parte posterior del pie pasando por encima de las articulaciones del tarso y metatarso, y entre ellos los plantares están más desarrollados que los dorsales y son más eficientes en cuanto que se aproximan a la cuerda del arco, además de poder actuar sobre la aponeurosis plantar, tensándola. - Aparte de ellos, los músculos de la pantorrilla - - (que estabilizan la pierna) y todos los músculos - largos, ayudan de alguna forma al mantenimiento de la bóveda, como p. ej. los músculos Tibial anterior (m. tibialis anterior), Tríceps sural (m. triceps - surge), etc.

Aun nos queda una estructura más a considerar en la configuración de la bóveda plantar: el pie en reposo sufre una sollicitación estática que exige la - - existencia de una almohadilla de la planta, sin cuya acción, distribuidora de la presión, la posición estática sería tan dolorosa que impediría la utilización del pie. Dicha almohadilla se constituye por un cuerpo adiposo que rodea a modo de capuchón el - calcáneo, extendiéndose hacia delante a la región - de las cabezas de los metatarsianos y las almohadillas de los dedos del pie. Como hace señalar BENNINGHOFF (15), el principio de construcción del cuerpo de repartir la superficie de acción de las fuerzas con el fin de evitar tensiones locales excesivas, se expresa también aquí claramente.

En resumen, la bóveda plantar se constituye a expensas de unas estructuras pasivas (osteo-ligamentarias) y activas (musculares), que, en su conjunto, podemos asimilar a un sistema funcional del modo descrito por BENNINGHOFF o también como los define el - - Prof. GOMEZ OLIVEROS (46) "una construcción formada por figuras funcionales homogéneas y armónicamente ordenadas al servicio y conservación de la totalidad a la que pertenece".

MATERIAL Y METODO

Hemos procedido a realizar una investigación sobre -
la bóveda plantar, basándonos fundamentalmente en la
técnica de exploración electromiográfica que se ha -
complementado con otras técnicas exploratorias, com-
parando entre sí mediante métodos estadísticos los -
resultados obtenidos. El conjunto de exploraciones -
efectuadas, se resume como sigue:

- 1º Estudio antropológico, referido a sexo, edad, ta-
lla y peso.
- 2º Exploración física, dividida en dos apartados:
 - a) Exploración general del sujeto.
 - b) Exploración específica de los pies.
- 3º Estudio de la huella plantar por medio del fotopo-
dograma.
- 4º Exploración electromiográfica de los siguientes -
músculos: Gemelo externo, Peroneo lateral largo,
Tibial posterior, Tibial anterior. Abductor del -
dedo gordo. Flexor corto plantar y Abductor del -
quinto dedo.
- 5º Análisis estadístico de los resultados.

El estudio se ha realizado en 50 sujetos, de los cua-
les 47 eran alumnos de la Facultad de Medicina de la
Universidad Complutense de Madrid (1), distribuidos
por sexos en 28 varones y 22 hembras y con edades -
comprendidas entre los 12 y 28 años. (2)

(1) Para ellos nuestro agradecimiento.

A) MATERIAL

El material utilizado podemos agruparlo, según su procedencia, en tres apartados fundamentales:

- a) Material procedente del laboratorio de electromiografía.
- b) Material procedente del laboratorio de fotopodografía.
- c) Material procedente de la sala de exploración clínica.

a) Material electromiográfico

I) El aparato utilizado fue un electromiógrafo ALVAR de tres canales tipo MYOCATHOR III (Fig. 3). Este aparato permite la observación y registro simultáneo de los potenciales de acción muscular sobre tres circuitos de electrodos independientes y sus características fundamentales se resumen como sigue:

1. Amplificación: con cuatro estadios. Impedancia de entrada prevista para los electrodos de BRONK; nivel de ruido de fondo de 5 microvoltios y banda de paso que puede alcanzar 8.000 Hz. a 3 decibelios.

2. Scopia: sobre tres pantallas catódicas de 70 milímetros. Velocidad de barrido de 0-50-250-500-1000-4000 mm./seg. Contraste automático:

- a) en amplitud de 25-50-100-200-500-1000 microvoltios.
- b) en frecuencia, por generador incorporado, de 50 y 500 Hz.



Fig. 3 Electromiógrafo ALVAR de tres canales tipo MYOCATHOR III, utilizado en la presente investigación.

3. Gráfica: cámara especial incorporada que fotografía tres pantallas catódicas de 70 milímetros en paralelo sobre los tubos de scopia. Además lleva incorporados:

- a) Un film o papel sensible especial, tratado con bromuro de plata.
- b) Un preselector-contador, que marca el tiempo (1/50 seg.) y numerador (revelador de secuencias).
- c) Un sistema de registro que puede ser, bien

continuo (barrido parado) con una velocidad de 50 mm./seg. ó de 250 mm./seg., o bien transverso (durante el barrido) con una velocidad de 50 mm./seg. y distanciamiento entre las imágenes de 25 mm.

4. Sonido: Por medio de un amplificador y altavoz incorporados, conmutables sobre cada una de las tres cadenas.

Es importante conocer la relación de velocidad de barrido en scopia con el tiempo que separa dos arcos de sinusoides y que p. ej. es de:



Fig. 4 Aspecto de la cámara aislante tipo FARADAY.

50 mm./seg. ... 10 mm. representan ... 200 milisegundos
1000 mm./seg. ... 10 mm. representan ... 10 milisegundos

II) Se registró la actividad muscular por medio de -
electrodos de agujas coaxiales de BRONK.

En esencia se componen de una aguja hueca, en el interior de la cual van alojados dos hilos que -
forman un electrodo activo al llegar a ponerse -
en contacto con el músculo.

Los electrodos de tipo unipolar proporcionan po-
tenciales elevados pero individualizan poco las
unidades de potencial; por el contrario, los bi-
polares proporcionan amplitudes más débiles pero
las unidades de potencial están perfectamente -
aisladas, permitiendo un mejor análisis, razón -
por la que los hemos preferido.

La aguja es de acero inoxidable lo que evita su
polarización y la difusión de potenciales parási-
tos. Al estar conectados los dos hilos interio -
res a un mismo polo, se utiliza además un elec -
trodo especial de tierra o electrodo indiferente
situado en la superficie de la piel.

III) El local utilizado para la exploración, se encon-
traba bajo tierra y fue aislado de interferen- -
cias exteriores por mediación de una cámara FARA
DAY (Fig. 4).

IV) Una plataforma de madera cuya base de sustenta-
ción la componían tres largueros móviles, uno -
de ellos agujereado en su centro, permitió colo-
car al sujeto explorado en las posiciones stan-
dard del estudio (rampa, pendiente, etc.) de ma-
nera idéntica para cada uno (Fig. 5).

V) La película utilizada fue un papel sensible - -

"ALVAFILM" de 100 mm. con capacidad de 30 metros.

- VI) En la Fig. 6 podemos observar el modelo de impreso original, utilizado para la recogida de los resultados electromiográficos, variante adaptada por nosotros de otros tipos diversos (como p. ej. de DUMOULIN, J. y AUCREMANNE, C., 1959, (33).

b) Material fotopodográfico

Se utilizó un papel fotográfico de 18 por 24 centímetros de tipo ENEBROM NBN.1 o bien NEGTOR CL.1, sobre el cual se apoyaron los pies a explorar, previamente impregnados en la planta con un revelador tipo D-163 KODAK.

c) Material procedente de exploración clínica

Dicho material comprende una serie de útiles empleados en el reconocimiento físico general y especial de cada sujeto, como son la camilla de exploración, podoscopio, goniómetro, martillo de reflejos, cinta métrica, etc.

Además, en la figura 6 podemos observar el impreso original en que se han anotado todos los datos de exploración clínica.

B) METODO

La pauta seguida para la realización de este estudio se ha desarrollado según la sistemática siguiente:

1º Exámen físico

Comienza dicho exámen con la recogida del dato referente a la edad siguiéndose de la medición de la ta

Músculos	TRICE.	P.L.L.	T.F.	T.A.	AB.G.	F.C.P.	AB. 5°
Test Muscular							
Contracción (1) (2)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Derivación	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Ritmo	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Forma	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Amplitud	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Duración	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Sincronización	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

OBSERVACIONES

- (1).- Apoyado con ambos pies
(2).- Sobre un pie

Fig. 5 Modelo de impreso para anotar los datos obtenidos a partir de los electromiogramas.

lla y peso de cada individuo. Podemos considerar dividido el examen físico en dos aspectos:

- a) Examen general del sujeto, con una sucinta historia referida a aquellos aspectos que pudieran interesar de alguna manera el objeto de la presen-

lizado- la de SANCHIS OLMOS y LEON VAZQUEZ, 1959 -
(110) de C a 4).

Se anotaron los datos referentes a alteraciones tró-
ficas (higromas, callosidades, trastornos vascula-
res, etc.), alineación de los talones (varo o valgo)
tipo de pie (con primer dedo igual, mayor o menor -
al segundo o siguientes, y sus distintivas subdivi-
siones en egipcio, griego, estándar, (etc.), y, por
último, posibles defectos morfológicos de tipo pato-
lógico (hallux valgus, dedo en martillo, etc.).

2º Técnica del fotopodograma

Para hallar los fotopodogramas correspondientes a -
ambos pies de cada sujeto se siguieron las técnicas
descritas, entre otros autores, por LELIEVRE (77) y
VILADOT y ROIG PUERTA (124). Una vez descalzo el su-
jeto y, previa limpieza de los pies para evitar ar-
tefactos debidos a sudoración, se impregnó las plan-
tas con el revelador indicado en el Material, en -
cantidad suficiente y con el sujeto sentado; segui-
damente se incorporó éste con los dos pies al mismo
tiempo apoyando sobre los papeles fotográficos reve-
lados y permaneciendo firmes durante 45 a 60 segun-
dos, al cabo de los cuales se sentó nuevamente, re-
tirándose los papeles fotográficos, para ser intro-
ducidos en fijador por espacio de 10 a 15 segundos
(según la intensidad con que se haya impregnado el
pie de revelador). Tras un periodo posterior de la-
vado y esmaltado los fotopodogramas estarán en con-
diciones de ser medidos.

Una vez finalizado el proceso de realización, el su-
jeto se lava la planta de los pies con agua jabono-

sa. Debemos señalar que no hemos tenido ningún problema de irritación cutánea local inmediata ni tardía.

Los parámetros utilizados para la medición y valoración de los fotopodogramas fueron: el Índice de CHIPPAUX (22), modificado por SMIRAK en 1960 (114), y el ángulo de CLARKE (24). El Índice de CHIPPAUX, en esencia, consiste en trazar una línea "a" que une los dos puntos más salientes del borde interno del pie; a partir del punto de contacto de dicha línea con la eminencia dígitoplantar se traza otra línea, "b" que une dicho punto con el borde plantar externo, cruzando la eminencia dígitoplantar por el trayecto más ancho de la misma; seguidamente se procede a trazar otra línea "c", paralela a la anterior por el punto más angosto del istmo de la planta del pie. El índice se obtendrá según la siguiente fórmula:

$$I. \text{ CHIPPAUX} = \frac{c}{b} \times 100 = n\%$$

Este índice nos va a informar del estado de la bóveda en sentido longitudinal, correspondiendo a mayor índice un mayor aplanamiento de la bóveda.

Por su parte, el ángulo de CLARKE se calcula por la medición del ángulo que forman la línea "a" anteriormente citada con la línea "d"; dicha línea es la resultante de unir la intersección de la línea "a" y la eminencia dígitoplantar con el vértice de la concavidad del arco de la huella plantar. Se expresará en grados.

Podemos ver la representación de ambas mediciones en la Fig. 7.

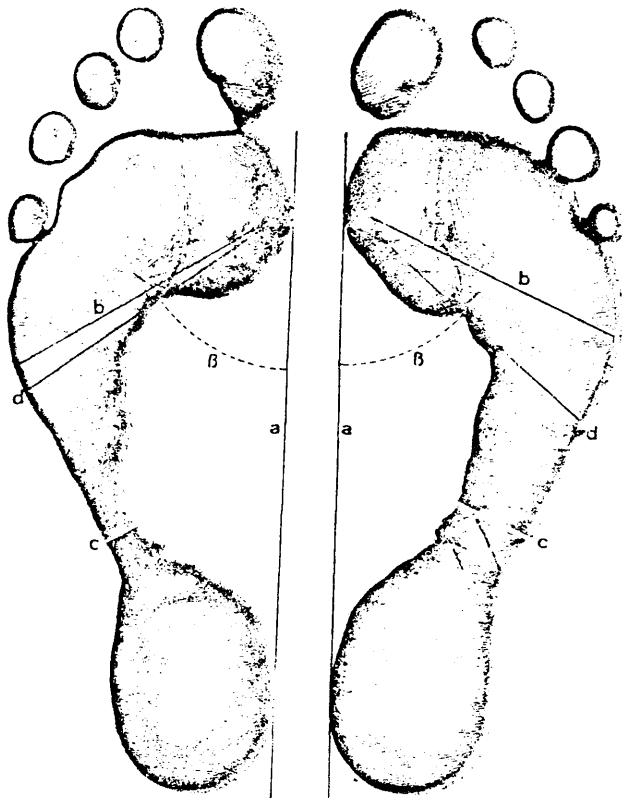


Fig. 7 Fotopodograma: Sobre la huella plantar se han trazado las líneas a, b y c para obtener el índice de CHIPPAUX y las líneas a y c para hallar el ángulo de CLARKE.

3º Técnica del electromiograma

Una vez realizado el test de la función muscular se procedió a la desinfección cuidadosa de la piel con alcohol de 96º previa a la inserción de los electrodos. (Dichos electrodos en los periodos en que no se utilizaron permanecieron en el interior de un en vase especial bañados en una solución de Armil al 1 por mil).

Para la correcta inserción de los electrodos en el interior de los músculos deseados se procedió a la sistematización de los puntos de inserción de los mismos mediante su verificación en cadaver; esta precaución tuvo especial interés en el caso del m.-



Fig. 8 Puntos de inserción de los electrodos (cara externa de la pierna con los puntos de inserción correspondientes a los músculos gemelo externo, peroneo lateral largo, tibial anterior y abductor del quinto dedo).

Tibial posterior de abordaje más complicado que los demás músculos explorados debido a su situación anatómica, y que se realizó a nivel de la unión del tercio medio e inferior de la pierna y pegados a la cara posterior de la tibia. (Ver figs. 8, 9 y 10 con esquema de los puntos de inserción). La implanta-



Fig. 9 Puntos de inserción de los electrodos (cara interna de la pierna con los puntos de inserción de los músculos tibial posterior y adductor del dedo gordo).



Fig. 10 Puntos de inserción de los electrodos (cara plantar del pie con el punto de inserción del músculo flexor corto plantar).

ción del electrodo al nivel deseado se vió acompañada de un aumento de volumen marcado a nivel del alta vez como resultado del acercamiento a las unidades de contracción motora, así como de la aparición de potenciales en la pantalla al ejecutar el sujeto un movimiento específico del músculo explorado.

Una vez introducidos los electrodos el sujeto pasa a situarse sobre una tarima especialmente construída con un orificio central que permite la exploración con un electrodo implantado en la planta del pie y en apoyo (fig. 11); así mismo, se acopló a la misma un sistema de calzos que permite situar al sujeto explorado en una inclinación constante según el plano que se considere, inclinación que hemos estado de 20° como más idónea a los propositos de nuestra investigación. Una barra de apoyo elevada, para evitar los movimientos antigravitatorios o de equilibrio (HOUTZ, FRANK y WALSH, 1959, y HOUTZ y FISCHER, 1961 -62- y -63-), completó el dispositivo

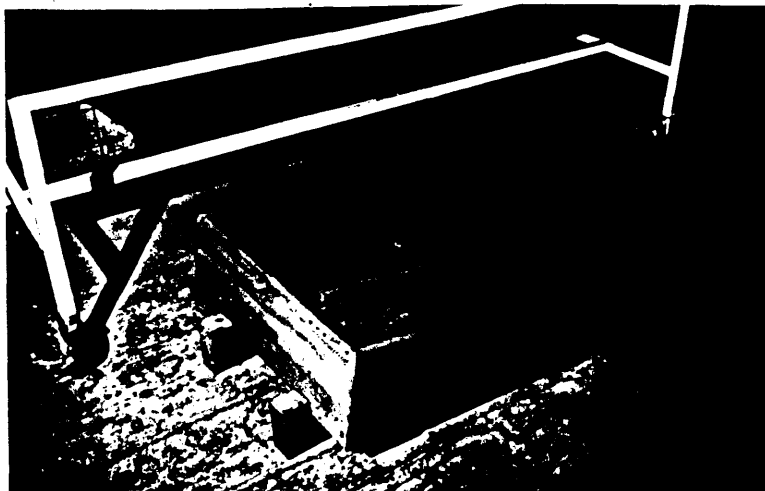


Fig. 11 Tarima especial utilizada para la exploración con calzos que permiten conseguir un ángulo fijo de 20° con la horizontal.

utilizado para la presente investigación electromiográfica.

La exploración electromiográfica se efectuó después de las otras dos con objeto de que los sujetos a explorar llegaran lo mas relajados posible a la misma pese a lo cual, en dos casos de la serie hubo que - suspender el estudio electromiográfico, al producirse, en uno, invencible temor a la inserción de los electrodos, y en el otro, una lipotimia emocional. A todos los sujetos se les había advertido anteriormente de una manera muy ligera sobre las pautas a - seguir en la exploración, para no sobrecargarles emocionalmente. No se utilizó ningún tipo de fármaco - relajante o tranquilizante.

Cada uno de los siete músculos anteriormente citados fueron estudiados once veces por individuo, correspondientes a otras tantas condiciones experimentales. Dichas condiciones experimentales se pueden desglosar como sigue:

- a) Reposo 1 exploración
- b) Ortostatismo sobre dos pies
 - 1. Ortostatismo en llano .. 1 exploración
 - 2. Rampa 1 -"-
 - 3. Pendiente 1 -"-
 - 4. Inclinación medial 1 -"-
 - 5. Inclinación lateral 1 -"-
- c) Ortostatismo sobre un pie.

Cinco exploraciones, como anteriormente.

Pasamos a analizar cada una de estas posiciones experimentales:

- a) Reposo: Se realizó un registro de la actividad -

muscular del sujeto, estando éste, en decúbito - supino y totalmente relajado. El objeto de explorar en esta posición es doble:

- 1º. Comprobar la correcta situación de la aguja en el músculo explorado y la actividad normal del mismo, mediante la ejecución de algún movimiento específico.
- 2º. Descartar la existencia de potenciales patológicos y comprobar la relajación del sujeto en reposo traducida por silencio eléctrico -- en la pantalla.

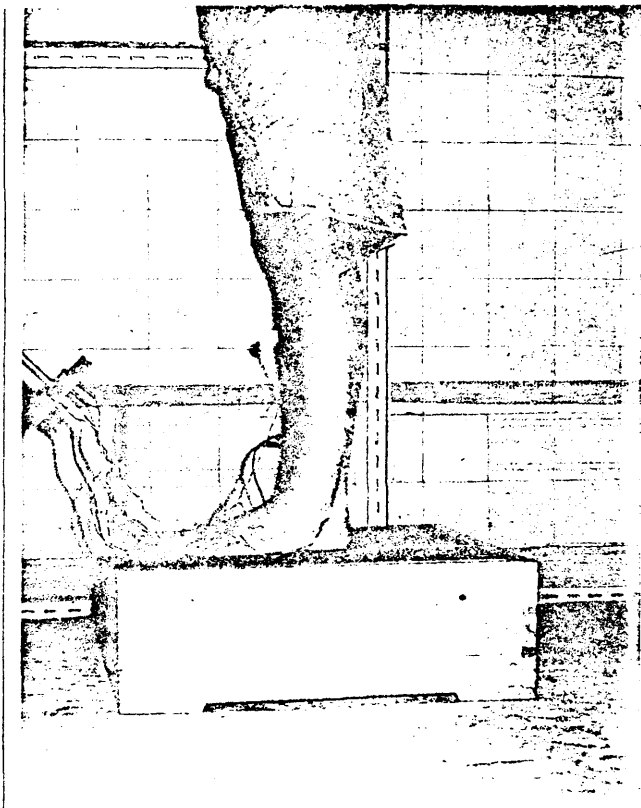


Fig. 12 Exploración efectuada con el sujeto sobre plano horizontal, apoyando en ambas extremidades inferiores.

- b) Ortostatismo sobre plano horizontal: El sujeto - se halla sobre la plataforma, que se encuentra - paralela al suelo. Como en todas las demás posi- ciones, se obtendrán trazados electromiográficos con el sujeto apoyando primeramente sobre ambos pies y, posteriormente sobre uno solo.
- c) Rampa: En esta posición, la plataforma se encuen- tra elevada por el calzo, formando un ángulo de 20° con el suelo; el sujeto a explorar se situa en sentido descendente.

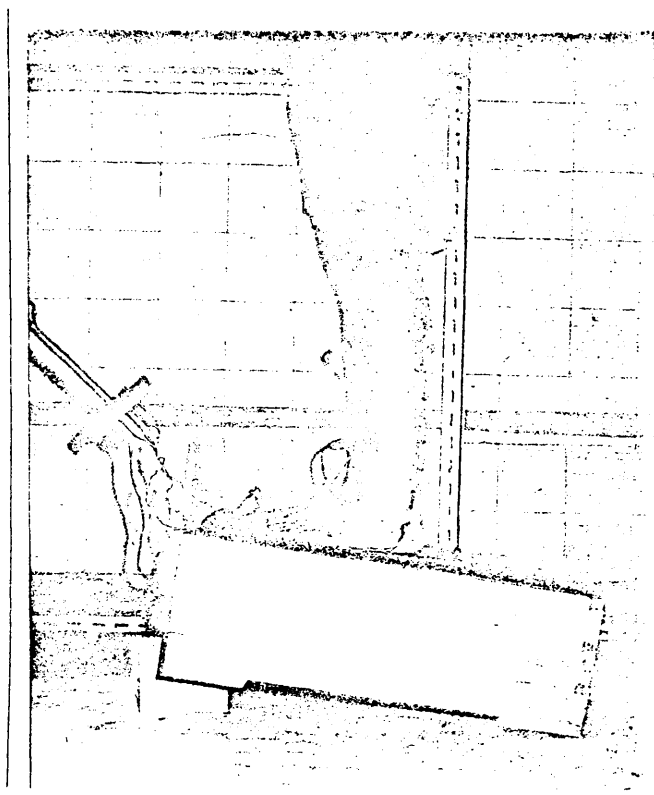


Fig. 13 Exploración efectuada con el sujeto sobre rampa, apoyando las dos extremidades inferiores.

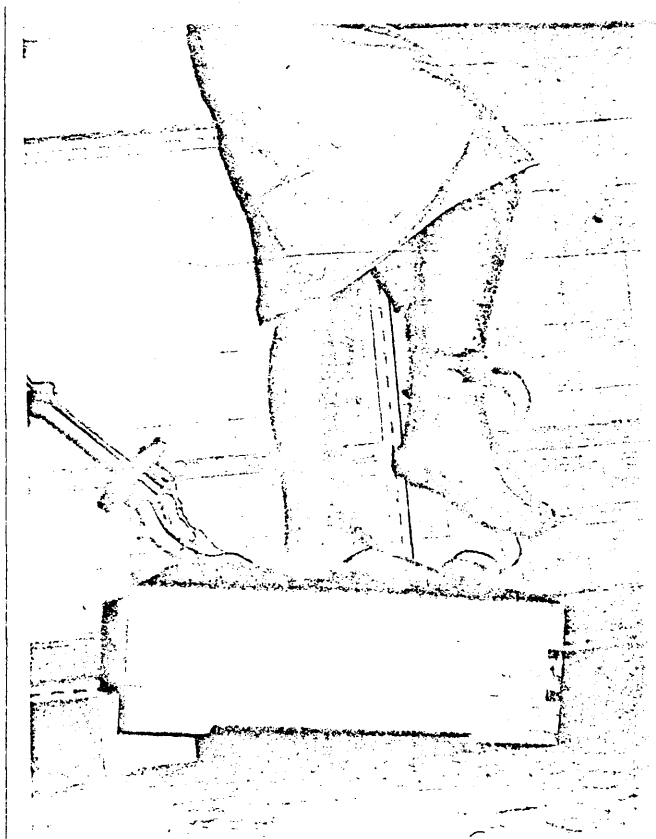


Fig. 14 Exploración efectuada con el sujeto en pendiente, apoyando sobre una sola extremidad inferior.

- d) Pendiente: Con la plataforma en la misma posición, el sujeto se sitúa en sentido descendente.
- e) Inclinación medial: Sin variar la posición del plano inclinado, el sujeto se coloca de manera que el eje longitudinal de ambos pies sea perpendicular a la inclinación del plano de apoyo, y con el pie a explorar situado en posición superior al contralateral (en el apoyo con ambos pies).

f) Inclinación lateral: Se repiten las condiciones experimentales anteriormente descritas, con la salvedad de que el pie correspondiente al miembro explorado se sitúa por debajo del contralateral. Podríamos resumir estas dos últimas posiciones experimentales homologando la primera a una situación de "eversión" del tobillo y pie, y la segunda a una de "inversión".

(Podemos observar estas posiciones en las Fig. - 12 a 16).

Para la debida interpretación de los registros electromiográficos obtenidos hemos procedido a clasificarlos y estudiarlos según el siguiente patrón (de acuerdo con BUCHTHAL, F. y CLEMESSEN, S.V. 1941 - - (20):

1. Contracción nula: Denominación que corresponde a aquellos registros que no presentaron alteración de la línea base del electromiograma. Incluimos en ese apartado asimismo aquellos trazados dudosos por la posible influencia de factores extraños, especialmente, los potenciales de pequeña amplitud -de unos 5 mV- descritos en 1955 por JOSEPH, NIGHTINGALE y WILLIAMS (70) (y anteriormente por FATT y KATZ (38 y 39) en 1950-52), bajo la denominación de potencia - les miniatura "fin-de-placa".

2. Contracción débil: Se consideró como tal aquel tipo de contracción en registros que presentan unos trazados con alteraciones de la línea base muy específicas, individualizadas y fácilmente reconocibles.

3. Contracción moderada: Se caracterizó por estar presente en registros en los que el trazado se ve e

enriquecido por nuevas unidades motoras que, frecuentemente, se superponen; la amplitud general del registro es mayor.

4. Contracción fuerte: El registro muestra una pérdida total de la línea base que no nos permite diferenciar las distintas unidades motoras, acompañándose normalmente, de un ritmo interferencial.

El total de exploraciones realizadas podemos desglo

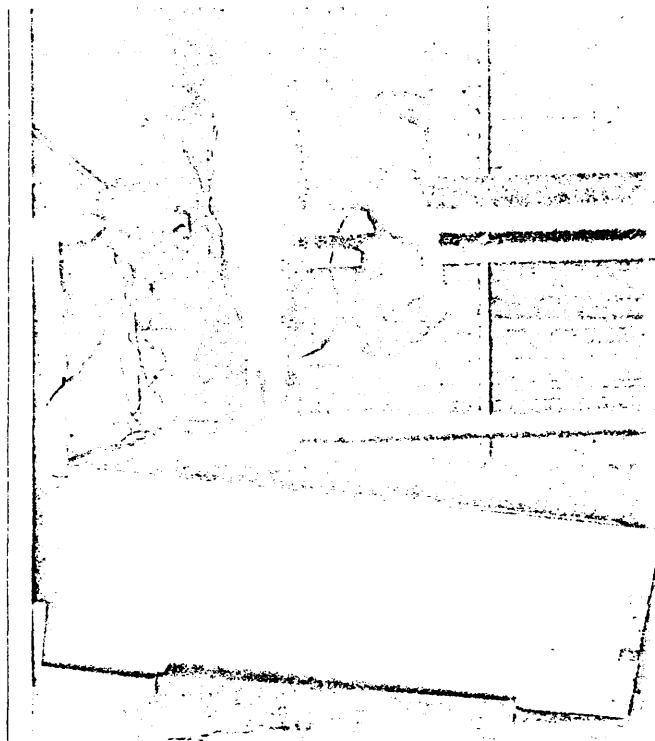


Fig. 15 Exploración efectuada con el sujeto en inclinación medial, apoyando sobre una sola extremidad inferior.

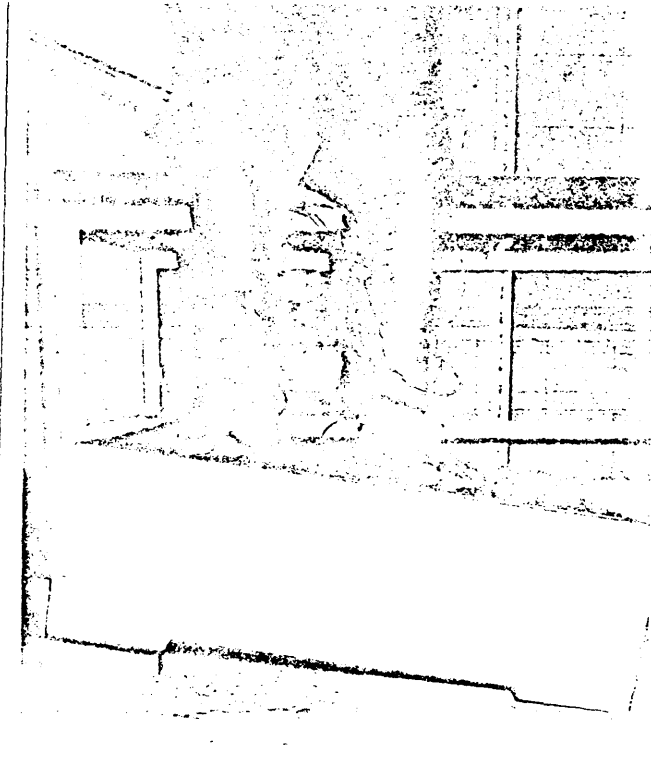


Fig. 16 Exploración efectuada con el sujeto en inclinación lateral, apoyando en ambas extremidades inferiores.

sarlo como sigue:

- 1º Número de sujetos explorados: 50.
- 2º Número efectivo de sujetos explorados electromiográficamente: 38, debido a
 - a) en dos casos, ya citados, a crisis emocionales.
 - b) en dos casos, a enfermedades recientes de los pies (micosis)
 - c) en dos casos, a traumatismos recientes con secuelas.
 - d) en seis casos, a fallos técnicos o alteraciones e irregularidades en los trazados obtenidos.

3º Los 38 casos efectivos se distribuyeron en 23 va-
rones y 15 hembras.

4º El total de registros útiles obtenidos fue de -
2.928, de los que aún se descartaron 169 por du-
dosos, con lo que el número definitivo de regis-
tros valorados para la presente investigación ha
sido de 2.759, que corresponden:

- 418 al M. Tibial posterior
- 418 al M. Peroneo lateral largo
- 418 al M. Gemelo externo
- 385 al M. Adductor del dedo gordo
- 374 al M. Tibial anterior
- 374 al M. Abductor del quinto dedo
- 372 al M. Flexor corto plantar.

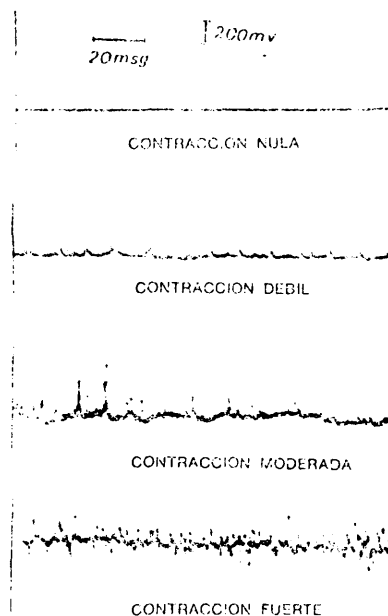


Fig. 17 Tipos de registros electromiográficos según
la clasificación empleada.

REVISION HISTORICA

La estructura y mecanismos funcionales del pie humano han sido objeto de estudio con frecuencia debido probablemente, a las dos vertientes o facetas que abre en el campo de la investigación el mejor conocimiento de su anatomo-fisiología; estas facetas son: por un lado la aplicación de este perfeccionamiento en el conocimiento y valoración de caracteres específicos del pie tales como los relacionados con la existencia, soporte y control de la bóveda plantar, o bien de la influencia del mismo en el fisiologismo de la marcha y en el equilibrio postural general del cuerpo humano; por otra parte, la faceta clínica, en virtud de la cual también han avanzado considerablemente los estudios aplicados al pie por la evidente implicación que representan para él mismo y para el resto de la economía los procesos patológicos que asienten a su nivel.

Como quiera que vamos a dedicar nuestra atención al estudio de uno de los aspectos anteriormente citados, esto es del soporte y control de la bóveda plantar, pasaremos a revisar aquellos datos y teorías que mejor puedan interesar al objeto de la presente investigación y con los que podremos elaborar la correspondiente historia bibliográfica.

Para una mejor comprensión de las diversas fases por las que ha pasado el estudio los mecanismos fisiológicos relacionados con el mantenimiento de la bóveda plantar humana hemos establecido unos apartados arbitrarios cuyo orden seguiremos en la exposición siguiente. Estos apartados serán:

1. Introducción.
2. Mecanismos del pie: acción de los músculos y ligamentos como soporte y en relación con la bóveda plantar.
3. Estudio por métodos analíticos de la bóveda plantar.
4. Estudio por métodos electromiográficos.

A) INTRODUCCION.

Como dijo el paleontólogo H. BOULE (16) 1.965, el pie es una de las características más netas del género Homo. Esta especialización del pie se caracteriza fundamentalmente por:

1. Ausencia de oposición del Hallux, traducida en la aproximación del dedo gordo a los otros dedos del pie.
2. La reducción de los dedos laterales, de manera que la fórmula digital es 1.2.3.4.5 o bien algunas veces 2.1.3.4.5. El hallux no es solamente el dedo más largo y grueso sino que va a asumir un papel funcional importante al constituirse en uno de los pilares de la bóveda longitudinal.
3. La bóveda plantar longitudinal es la otra innovación característica del hombre que, añadida a la transversal, da a la planta el aspecto de semicúpula cóncava hacia abajo.

MARTIN, R. y SALLER, K., 1962 (84) distinguen un arco transversal anterior y dos arcos longitudinales, medial y lateral; el arco medial se extiende de escafoides a cuñas y tres primeros metatarsianos y se

puede considerar como un arco de movimiento, en tanto que el lateral, que comprende desde el calcáneo al cuboide y dos últimos metatarsianos, sería de apoyo estático.

Esta excavación o bóveda plantar constituye no solamente el carácter más distintivo del pie humano sino también la diferencia más esencial entre los pies de distintas razas, de forma que OLIVIER, G. 1965 - (96) llega a una esquematización de las variaciones raciales en el sentido de afirmar que la acentuación de la bóveda plantar caracteriza a los blancos en tanto que su atenuación es típica de los negros, quedando la raza amarilla en un estadio intermedio.

B) MECANISMOS DEL PIE: ACCION DE LOS MUSCULOS Y LIGAMENTOS COMO SOPORTE Y EN RELACION CON LA BÓVEDA PLANTAR.

La capacidad del pie para mantener su forma bajo peso así como la estructura y propiedades de sus arcos, han sido objeto de la atención de numerosos autores. Otros aspectos frecuentemente investigados han sido los que estudian la relación de los músculos y ligamentos con el soporte de los arcos, la distribución de las fuerzas de carga en el pie y la fuerza de palanca del mismo.

Uno de los puntos controvertidos es el referente al modo de apoyo del pie; la teoría del "trípode", esto es, del apoyo del pie sobre tres puntos (apófisis pósterointerna de la cara inferior del calcáneo, cabeza del 1º y 5º metatarsianos) ha gozado y goza aún hoy día de gran aceptación pese a que MORTON, J.

1930, 1935 (86) y (87) demostrara la existencia de apoyo a nivel de las cabezas de los cuatro metatarsianos laterales. BRUCE, J. y WALMSLEY, R., 1938 - (19) mediante cortes transversos a nivel de las cabezas de los metatarsianos defienden con MORTON la existencia de apoyo de los metatarsianos laterales.

No obstante autores como DICKSON, F. y DIVELEY, R., 1939 (28) aun reconociendo el trabajo original de MORTON defienden la teoria del trípode debido a que diversas afecciones metatarsales hacen sugestica la idea de un arco transverso ELFTMAN, H., 1.934 (35), anunció que cada pie transmite el peso al suelo sobre todo por medio del talón y de la eminencia dígitoplantar, teoría que esta en la línea de las anteriores VILADOT, A., y TRONCOSO, J., 1964 (126), - - afirman que por medio del fotopodograma se puede observar como en el pie normal carga el talón, borde externo, cabezas de toños los metatarsianos y pulpejos de los dedos, especificando que es más evidente el apoyo del dedo gordo y a veces falta el del 5º - dedo. El mismo VILADOT (125) insiste sobre este problema uniendose al cada vez mas amplio numero de de fensores de la teoría del apoyo integral de todos - los metatarsianos en contra de la idea primitiva del "trípode", para lo cual se apoya en diversos hechos y experiencias derivados de la Anatomía comparada, embriología, anatomía (cortes seriados de antepie, en piezas congeladas, sometidas a cargas de 35 Kgs. sobre la rodilla en flexión), radiología, podología y clínica (síndrome de insuficiencia del primer metatarsiano).

Es interesante el estudio de STELZNER, F., 1942 - - (118) quien observando las condiciones de presión - de la planta del pie durante la bipedestación y mar cha durante largos períodos (en soldados), analiza la solicitación funcional del pie antes y después - de la marcha; la solicitación fundamental, que se - encuentra según él durante la marcha a nivel del de do gordo, se desplaza claramente hacia el lado pero neal en la mayoría de los individuos observados y - concluye que la consecuencia extrema de esta carga equivocada parece ser la fractura de marcha, que, - como se sabe, se limita a los últimos metatarsianos.

BRUCE, J. y WALMSLEY, R., 1938 (19), comprobaron, - estudiando fetos humanos, como el pie de los fetos de tres meses tienen un arco longitudinal de forma comparable a la del pie adulto normal; venían a apo yar la afirmación hecha por LAKE, N., 1937 (75), en el sentido de que no era cierto que los niños no tuvie ran arco sino que este se encontraba disimulado por la gruesa capa de cojinete graso, y era al desapare cer este cuando quedaba el arco.

La relación entre altura del arco y eficacia de fun ción también ha sido revisada por diversos autores; ya aludíamos a las diferencia de altura raciales en el apertado interior, pero en este caso se trata de diferencias individuales y en este sentido HOFFMANN P., 1907 (60) no vió relación entre la longitud y forma del arco con la eficacia del pie, y DUNN, H., 1923 (34) haciendo estudios comparativos en solda - dos, escolares, etc. y por medio de diversos paráme tros, llegó a la conclusión de que pies tanto con -

arco bajo como alto pueden funcionar eficientemente si bien afirmó que un arco alto es mecánicamente más eficiente que uno bajo. Planteando este problema MORTON, J., 1930 y 1935 (86) y (87) afirmó que un pie lesionado no tiene un arco normal y llamó la atención en unión de TIMMER, H., 1935 (120) y otros sobre el efecto pernicioso del uso de tacones altos el principal de los cuales era el acortamiento del tríceps sural.

¿Cuál es el papel que juegan los músculos en el soporte de los arcos del pie? Aquí entramos de lleno en el problema que va a ser objeto de nuestra atención en el presente estudio, y revisando la literatura se puede observar la diversidad de respuestas que se han dado a la pregunta anterior.

Ya KEITH, A., 1929 (74), afirmaba categóricamente que los músculos eran el factor más importante en el soporte del arco longitudinal del pie, actuando tan solo los ligamentos cuando fracasaban los primeros. Particularizando más, ANAPOL, G., 1929 (4) dió gran importancia al músculo tibial anterior al afirmar que su fracaso contribuiría a la formación de un pie plano y casi un siglo antes, en 1867, DUCHENNE, G. (32) estableció que el músculo peroneo lateral largo presionaba fuertemente la cabeza del primer metatarsiano sobre el suelo.

CIRIAX, E., 1930 (23) también se muestra partidario del papel preponderante de la musculatura en el mantenimiento del arco plantar al sostener que el aplastamiento del arco solamente puede ser corregido con el fortalecimiento de los músculos debilitados.

Por su parte GOTTLIB, A., 1932 (50) establece un antagonismo entre el músculo tríceps sural, que, afirma contribuye al aplanamiento del arco, y los músculos cortos plantares, que contribuyen a su retención. Debemos destacar la afirmación de este autor pues es la primera vez que recogemos en la literatura una referencia directa sobre la actuación de la musculatura intrínseca plantar.

Posteriormente KAPLAN, M. y KAPLAN, T., 1935 (73) afirmaban que la mayor parte de los músculos largos del pie actuaban como soportes del arco longitudinal y que su debilitación o fatiga provocaría una sobrecarga sobre los ligamentos y, en consecuencia, originaría un pie plano. WILLIS, T., 1935 (130) estudiando experimentalmente varios músculos largos del pie llegó a la conclusión de que existían dos medios de soporte del arco longitudinal: uno "directo" por "tracción hacia arriba" como era el caso de los músculos tibial anterior y peroneo lateral corto, y otro caracterizado por "una elevación a partir de abajo", como era el caso de los músculos plantares largos.

Frente a esta teoría sobrevalorando la función de los músculos en el soporte del arco MORTON, J., 1930 y 1935 (86 y 87), tras estudiar la función de reparto de peso del pie por técnicas de medición estática, concluyó que la rigidez e integridad del arco longitudinal no dependía de los músculos. Por el contrario asignó a los músculos eversores e inversores del pie un papel muy importante en el mantenimiento de la actividad postural; cuando un pie so-

porta el peso del cuerpo la estabilidad en sentido transversal se basa en la parte anterior del pie y los citados músculos mantendrían la pierna en una posición vertical funcional por encima de la articulación subastragalina. Esta función será defendida posteriormente por JONES, R., 1941 (67), al afirmar que muy probablemente la función mas importante de los músculos eversores e inversores fuera la de conservar una constancia relativa en la proporción de la distribución del peso sobre los metatarsianos de la eminencia dígitoplantar, distribución que según el citado autor seguiría un patrón o proporción bastante definido caracterizado fundamentalmente por un cambio de desplazamiento de presión o peso del primer metatarsiano a los cuatro laterales o viceversa; recordaremos que año despues STELZNER llegaba a conclusiones parejas como anteriormente se ha referido.

Observamos como existe un desacuerdo entre diversos autores y HENDERSON, M., 1933 (56) al comentar esta circunstancia consideró que "probablemente los ligamentos tenían una creciente importancia". DUNN, H. en 1923 (34) ya había expuesto que la reacción del arco a las fuerzas estáticas dependería casi por completo de la integridad de los ligamentos que le sostienen y LAKE, N. (75) al plantear la idea de que los músculos largos soportaran el arco expresó su sorpresa pues, según él, de ser así éste no podría ser elevado voluntariamente.

En un trabajo muy cuidadoso que se ha hecho clásico, JONES, R., en 1941 (67) tras estudiar en diversas

condiciones experimentales cuatro piernas y pies de tres cadáveres todos ellos normales y sin antecedentes patológicos conocidos, más mediciones cuantitativas en pies de 100 estudiantes de Medicina, concluyó que:

1. Del stress tensional total existente sobre el arco longitudinal, la mayor parte era soportado por los ligamentos plantares, en tanto que los músculos largos no contribuirían en más de un 15-20%.
2. Los músculos cortos plantares contribuirían también al soporte del arco longitudinal, ya que, debido a su posición y relaciones estarían mejor adaptados para esta función que los músculos largos.

Resaltan dos aspectos fundamentales de las conclusiones citadas: por un lado la situación en cierto modo ecléctica del autor frente a la discusión de los factores preponderantes en el soporte del arco; y por otro lado el reconocimiento de la posible correlación funcional de los músculos intrínsecos del pie con su situación anatómica. Citaremos también que, en contra de la teoría ya citada de GIRDAX afirmó que un arco aplanado no podría elevarse por medio del ejercicio muscular.

Posteriormente HICKS, J., 1955 (57) estudió el efecto de aplastamiento del arco bajo el peso del cuerpo, encontrándose con que éste variaba dependiendo sobre todo de la situación del centro de gravedad: el efecto era nulo cuando el centro de gravedad se hallaba en el talón (midiendo el citado efecto en cuanto a la tensión producida a nivel de la aponeu-

rosis plantar), y se elevaba casi al doble del peso corporal cuando se trasladaba a nivel de la cabeza del primer metatarsiano. Deduce de estos hallazgos que los músculos que previamente describe como "determinantes" de la posición del centro de gravedad, van a influenciar indirectamente la tensión a nivel de la aponeurosis plantar; así p. ej. los "flexores" del tobillo aumentarán la fuerza de aplanamiento del arco, en tanto que los "extensores" la disminuirán hasta cerca de cero.

El mismo autor en un trabajo posterior en 1956 (58) estudia la acción de los músculos que pueden actuar sobre el arco deduciéndola a partir de los momentos mecánicos de todas las articulaciones que atraviesan, previa definición de una serie de parámetros como son los de radio de acción y línea de acción. De este trabajo experimental dedujo que los músculos pueden actuar sobre el pie de dos maneras:

- a) Directamente, sobre las articulaciones del pie propiamente dichas, y
- b) indirectamente, por sus efectos sobre la posición de la línea de gravedad

Referente al efecto indirecto ya nos referimos en la citada anterior, y en cuanto a la acción directa observó que cada músculo tenía un radio de acción a nivel de un rayo articular, de manera que si éste radio cruzaba por encima del eje tendría un efecto aplanador sobre el arco, y si pasaba por debajo, sería elevador; los músculos elevadores directos se diferenciarían de los indirectos en que estos pueden reducir el efecto aplanador del arco por el peso cor

poral a cero pero nunca tienen acción elevadora positiva. El músculo aductor del dedo gordo sería un - ejemplo de arco puro elevador, sin ningún efecto sobre el equilibrio.

Por último estudiando aquellos músculos que, por tener radios de acción sobre las articulaciones que - mantienen el equilibrio, presentan acciones directas e indirectas sobre el arco, llegó a la conclusión - de que:

1. El m. peroneo lateral largo tendría funciones de neutralizador del excesivo peso que recaía sobre la cabeza del primer metatarsiano actuando como elevador y transmisor de la carga a los metatarsianos laterales.
2. El músculo peroneo corto únicamente actuaría sobre las articulaciones del equilibrio.
3. El músculo flexor largo del dedo gordo tendría - una acción de elevación directa del arco medial e - igualmente el músculo flexor largo común de los dedos a nivel de los arcos mediales (no se detectó sobre el 5º).
4. Por último el músculo tríceps sural tendría acción sobre el punto de equilibrio y el músculo tibial anterior sería un elevador indirecto del arco y un - aplanador directo.

El mérito de éste trabajo reside en que sistematiza e individualiza la acción de cada músculo, a la par que distingue entre soporte y elevación como dos conceptos diferentes; es por esto que al plantearse - - HICKS (como hemos hecho al comienzo de este aparta-

do) la pregunta de si podrían por sí solos los músculos soportar el arco, afirma que concretamente actuarían elevando el arco, acción en la que se verían favorecidos por una posición favorable de la línea de equilibrio corporal, pero que por el contrario, no proporcionarían soporte alguno, exceptuando el músculo peroneo lateral largo.

C) ESTUDIO POR METODOS ANALITICOS DE LA BOVEDA PLANTAR.

De entre los diversos métodos empleados para conseguir una valoración objetiva de la bóveda plantar, han sido los radiográficos aquellos que se han empleado con más profusión en alguna de sus vertientes, ya sea la radiológica pura mediante la medición de ángulos ó triángulos ya clásicos (o bien de simples líneas), ya sea por medio del empleo del fotopodograma.

La medición de líneas, ángulos u otras figuras geométricas sobre placas radiográficas tomadas en incidencias standard no nos proporciona datos muy precisos para el objeto de nuestro estudio. De entre todos estos métodos destaca la medición basada en los ángulos de COSTA-BERTANI y MOREAU, 1939 (85) empleados en la medición de los arcos longitudinales externo e interno o bien los más complejos triángulos de LEROUX, COLETTE y RENOTTE, 1959 (78) obtenidos a partir del punto calcáneo más inferior y del sesamoideo y cabeza del 5º metatarsiano para los dos rayos lateral y medial.

Más preciso es el método de medición del llamado ángulo de DJIAN-ANNONIER, sobre un prisma truido en una radiografía de perfil del pie -DJIAN, A.; ANNONIER, Cl.; DENIS, A y BAUDOIN, P., 1968 (29) y sobre todo el propugnado por GAUNEL, Ch., 1971 - (42), quien a partir de una incidencia especial de perfil y estableciendo unos parámetros (que fija a todas las edades, incluso cuando aun no ha terminado el proceso de osificación), realiza un estudio volumétrico de la bóveda plantar que el permite llegar a los llamados "índice de cavitación" e "índice de pronosupinación", cuya utilización práctica se ve facilitada por la lectura de un ábaco lineal que permite una lectura directa y rápida de éstos valores.

En cuanto al fotopodograma, nos permite una visión rápida y objetiva de la huella plantar y ha sido intento de diversos autores el de conseguir unas líneas o parámetros que permitiera comparar en las mismas condiciones diversos pies y establecer una media estadística de la población sana. LOWMAN, C.; COLESTOCK, C. y COOPER, H., 1928 (80) intentaron una medición objetiva del pie proponiendo tres grados de depresión del arco longitudinal de acuerdo con la línea parámetro empleada. Fue, sin embargo SCHWARTZ, L., 1928 (111) el primero en medir el fotopodograma mediante el uso del ángulo fotopodográfico, que según él asegura un coeficiente de veracidad de 91/93 casos; años mas tarde ROGERS, F., 1932 (104), lo reducía a 92/142.

Tomando como base la técnica fotopodográfica numero

Los autores se han incorporado a la polémica ya mencionada anteriormente sobre la influencia de la musculatura en el mantenimiento de la bóveda plantar. Un aspecto muy estudiado en los últimos años fue el de las posibles influencias morfogenéticas de ciertos deportes sobre el arco del pie y así, podemos citar numerosos estudios como los de HORA, K., 1931 (61), NIZANKOVSKI, C. y WANKE, A., 1960 (92), - - ZARNACH, Z., 1961 (134), TSCHOGOVADZE, A. y PLACHETA, Z., 1965 (122) y NOVOTNY, V., y TAMASSYOVA, E., 1966 (93) y NESOVIC, B., KENIG, I., ZLATIC, M. y - NEDELJKOVIC, J., 1973 (91), que pusieron de manifiesto modificaciones del arco. También es digno de mención el estudio de LELIEVRE, J., 1962 (76) quien aborda el mismo problema en dentistas, advirtiéndole entre otras cosas un frecuente aplanamiento del pie por la sollicitación estática permanente. Citemos - así mismo los hallazgos de MC CONAILL, M., 1945 (89) quien con técnicas fotopodográficas observó como la impresión del pie en abducción presentaba una área - mayor y mas larga que la del pie en adducción. Dedujo que el pie abducido estaba mas a tensión y aplastado sobre el suelo que el segundo. En este sentido PHELPS, W. y KIPHUTH, R., 1932 (101), ya habian establecido que el aplanamiento del arco longitudinal del pie, se acompañaba siempre de pronación del mismo, con lo que podemos significar que al igual que MC CONAILL, se referian a una mayor tensión a nivel del pie evertido.

Uno de los estudios mas interesantes en este campo - ha sido el que llevaron a cabo NOVOZAMSKY, V. y BUCHBERGER, J., 1970 (94) quienes hacen un estudio de la función correcta e incorrecta del pie, expresada en

su capacidad para conservar hasta cierto grado su bóveda, incluso en caso de carga máxima, y para ello basan su proceder en el empleo de dos sistemas de medición o parámetros: el "índice de CHIPPAUX", modificado por SMIRAK, J., 1960 (114), y el "ángulo de CLARKE", que pasamos a revisar a continuación.

CHIPPAUX, C., 1947 (22) aplicando las bases expuestas anteriormente por otros autores, complementó y perfeccionó los métodos existentes para conseguir un objetivo, que midiera el arco longitudinal del pie. Para ello definió las líneas y puntos que deben utilizarse: línea "a" resultante de la unión de los dos puntos más salientes del borde plantar interno; a partir del punto de contacto entre esta línea y la eminencia dígitoplantar, se traza otra línea "b" que une este punto al borde plantar externo, cruzando toda la eminencia dígitoplantar por el borde más ancho de la misma; por último, se traza una paralela, línea "c" a la línea "b" que pase por el punto más angosto del istmo de la planta del pie. El índice se expresa por ciento según la siguiente fórmula:

$$I = c/b \times 100 = n\%$$

Este índice nos informa del estado de la bóveda plantar en sentido longitudinal, correspondiendo a mayor índice un mayor aplanamiento de la bóveda.

Anteriormente CLARKE, H., 1933 (24) había empleado su método, que en esencia consiste en medir un ángulo formado por la unión de la línea "a" anteriormente definida con otra línea que resulta de la unión del punto de intersección de la línea "a" con la eminencia dígitoplantar y el vértice de la concavi-

dad del arco con la huella plantar expresado en grados. Cuanto más pequeño sea el ángulo más aplanada será la bóveda. La media hallada para el hombre por el autor fue de 42,08°.

Los estudios de NOVOZAMSKY y BUCHBERGER apoyados en estos dos métodos de medición fotopodográfica demostraron que en un arco sano normal del pie, incluso después de una sollicitación máxima no se encontraba un descenso considerable del mismo; por el contrario si existía aplanamiento previo del arco, era significativo el descenso después de la sollicitación. - Añadían que los músculos de un pie plano iban a actuar también en fases de la locomoción en las que no intervenían en pies normales. Estos autores hallaron un valor medio del ángulo de CLARKE mayor de 42°, - valor que está de acuerdo con el hallado por ROGERS (104) en 300 estudiantes, de 42,21°. En cuanto al índice de CHIPPAUX medio, antes de la marcha se encontró por debajo del 40%.

GOMEZ, L., LLANOS, L. y RUBIO, J., 1972 (48) realizando un estudio estadístico sobre los valores del índice de CHIPPAUX y del ángulo de CLARKE obtenidos en 100 fotopodogramas muestran como resultados más relevantes unos valores normales de ambos parámetros estadísticamente diferentes con respecto a impresiones plantares de distinto sexo, en el sentido de que la bóveda plantar femenina es más acusada que la masculina. Los valores medios hallados por estos autores es un índice de CHIPPAUX de 34,15% y un ángulo de CLARKE de 40°; como puede verse no es una diferencia significativa con las cifras anteriores y la pe-

queña variación indica la diferencia antropológica - normal de características raciales.

Por último solamente citaremos las conclusiones de - VILADOT, A. ya mencionadas respecto al apoyo de todos los metatarsianos valiéndose por este método; un paso más en su perfeccionamiento puede constituirlo la técnica del radiofotopodograma puesta a punto por este mismo autor y ROIG-PUERTA, J. 1956 (105) y 1962 (108).

D) ESTUDIO ELECTROMIOGRAFICO DE LOS MUSCULOS QUE ACTUAN SOBRE EL PIE.

Son numerosos los trabajos realizados en los últimos años por medios electromiográficos que se ocupan de aspectos parciales relacionados con la musculatura - del pie o que actúa sobre este. De una forma esquemática podríamos dividir estos trabajos en: a) aquellos que estudian la función de los diferentes músculos - que actúan sobre el pie, con el sujeto en ortostatismo; b) los que dedican su atención a los aspectos dinámicos de los mismos, ya sea contribuyendo a la movilidad de las articulaciones o bien actuando en alguna o todas las fases de la marcha; c) finalmente - aquellos que investigan la interacción de los músculos con las fuerzas gravitacionales y su influencia en el mantenimiento del equilibrio.

De estos apartados es al primero al que dedicaremos nuestra atención, más sin embargo, previamente revisaremos algunos conceptos derivados del estudio del apartado c) que pueden así mismo ser interesantes - para nuestro propósito.

JOSEPH, J. y NIGHTINGALE, A., 1952 (69) hicieron una investigación en 20 hombres de 18-28 años con electrodos de disco, con el fin de obtener una información acerca de los músculos que mantenían la posición erecta en el hombre. Para ello investigaron los músculos gastrocnemio, sóleo y tibial anterior en los lados derecho e izquierdo, utilizándose tres posiciones standard: 1. en ortostatismo relajado; 2 en ortostatismo, cargando el peso sobre el miembro izquierdo; 3. en ortostatismo, cargando el peso sobre el miembro derecho. De los resultados obtenidos los autores expusieron las siguientes conclusiones:

a) Cuando el miembro está en ortostatismo relajado ó bien cargando, los músculos anteriores de la pierna no denotan actividad, en tanto que el músculo sóleo (invariablemente) y el gastrocnemio (a veces) parecían mostrarse activos.

b) Según esto habría que rechazar la idea de que la posición erecta es mantenida por una mínima actividad muscular o bien simplemente por "las propiedades elásticas -¿tono?- de los músculos", al referirse a los músculos de la pantorrilla. Por otra parte la actividad de los músculos en la posición erecta dependería del sentido en que se distribuyeran las fuerzas con respecto a cada articulación, influyendo en la variación de la gravedad; en este sentido, el que solo algunos sujetos tuvieran signos de actividad a nivel del gastrocnemio, podría ser debido o influenciado por la dirección o eje que presenten sus rodillas en ortostatismo. Podemos observar como estas conclusiones están en la línea de los traba -

jos que poco después publicara HICKS y a los que anteriormente hicimos referencia.

c) El músculo sóleo cumple la función de impedir el fallo del tobillo hacia delante, y su actividad era la más marcada en todos los sujetos.

Estas conclusiones estaban de acuerdo con las observaciones efectuadas por HELLEBRANDT y cols., 1938 - (54) en el sentido de que la línea de gravedad en - la posición "vertical normal" pasaba unos 5 cm. por delante del maleolo externo del tobillo tanto en hombres como en mujeres; de ahí que fuera poco probable el que los músculos de la pantorrilla pudieran mantener la posición erecta sin ninguna contracción - activa.

En sentido opuesto se habían expresado diversos autores; así, FLOYD, W. y SILVER, P., 1950 (41) afirmaron que los músculos que mantienen la posición eregta en el hombre, muestran una mínima o nula actividad eléctrica, estudiando los músculos sacroespinales (erectores del tronco) y, anteriormente WEDELL, G., FEINSTEIN, B. y PATTLE, R., 1944 (128), en los músculos del muslo y de la pierna. HOFFER, P., -.- 1941 (59), también había encontrado resultados diversos e incluso contradictorios en el gastrocnemio y tibial anterior en hombres y mujeres. En general, todos estos autores defendían la teoría de que la posición vertical era en gran parte mantenida, no por la acción activa de los músculos involucrados, sino por su "elasticidad inherente".

HOUTZ, S.; FRANK, P. y WALSH, M., 1959 (62) hicieron un estudio electromiográfico con electrodos de dis-

co en tres hombres y siete mujeres de edades comprendidas entre 16 y 18 años sobre los músculos tibial anterior, extensor largo de los dedos, cabezas medial y lateral del gastrocnemio, sóleo, peroneos largo y corto y flexor largo de los dedos. Estos músculos fueron explorados con el sujeto acostado, en ortostatismo, marchando y realizando diversos movimientos. Tras hacer unas consideraciones previas sobre los ejes de carga del miembro inferior intentaban presentar una evidencia sobre la acción de los músculos que normalmente actuaban sobre el tobillo durante la carga, con especial interés en el tríceps sural.

En este estudio los autores observaron como al cambiar el sujeto su peso hacia adelante existía un aumento de contracción en los músculos gemelo interno, peroneo lateral corto, tibial anterior, tibial posterior, flexor largo de los dedos y sóleo; el gemelo externo contribuía relativamente poco a ésta actividad. Además afirman que los músculos isquiotibioperoneos y cuádriceps contribuyen poco a controlar el equilibrio del cuerpo cuando se vence hacia adelante, como es el caso del gemelo interno y por ello le es muy difícil al sujeto elevarse sobre los dedos del pie con las rodillas flexionadas; esto indica que el gastrocnemio desempeña una función más importante para ajustar la tibia al fémur, en tanto que los flexores plantares lo harían para controlar la posición de la tibia sobre el pie. En definitiva defendían al igual que JOSEPH y NIGHTINGALE la función del tríceps en el mantenimiento de la posición vertical, así como SMITH, J., 1957 (117), y que no

representaban sino una comprobación objetiva de observaciones más antiguas como las de WRIGHT, W., - 1928 (132) describiendo la función del gastrocnemio impidiendo la hiperextensión de la rodilla, como su cedía en pacientes afectos de poliomielitis.

Nuevamente JOSEPH, J. y NIGHTINGALE, A., 1956 (71), insisten en el estudio de los músculos del muslo y pantorrilla durante la posición de ortostatismo relajado, explorándolos electromiográficamente con - electrodos de superficie; el objeto de este estudio fue el de que, dado que en el anterior los músculos del muslo y el músculo tibial anterior no habían da- do señales de actividad eléctrica, pudiera ser que existieran factores relacionados con el sexo y la - edad, por lo que en este trabajo se estudian estos supuestos en mujeres (en este sentido HELLEBRANDT, F. y BRAUN, G., 1939 (55) ya adelantaron la hipóte- sis sobre las posibles diferencias posturales que - podrían provocar el sexo y la edad). Además estudia- ron la posible influencia de los tacones en la acti- vidad de los citados músculos. Los resultados obte- nidos fueron: el sóleo mostró actividad en los 21 - sujetos explorados en tanto que el tibial anterior solamente presentó actividad en un caso; todo ello con tacones bajos; al realizar la exploración con - tacón alto, no hubo variación en el tibial anterior (persistió el silencio eléctrico), en tanto que 17 de los sóleos explorados mostraron un aumento de actividad respecto al registro anterior.

Finalmente y dentro de este apartado queremos ha- cer referencia a dos aspectos de gran interés con

vistas a la valoración de cualquier exploración -
electromiográfica y a impedir la existencia de fac-
tores extramusculares sobreañadidos que puedan fal-
sarse los resultados. Nos referimos, por un lado a
la posible existencia de potenciales de bajo volta-
je que puedan ser interpretados como contracciones
musculares sin serlo, y por otro, a la influencia
de la interacción de tipo reflejo postural existen-
te en el cuerpo humano a nivel global y que hay -
que tener presente en las exploraciones electromio-
gráficas en orden a anularla en lo posible.

ADRIAN, E. y BRONK, D., 1929 (2) establecieron que
"cuando el músculo está completamente relajado no
se registran cambios eléctricos" y en este sentido
se pronunciaron SMITH, O., 1934 (115), estudiando
el brazo en reposo absoluto y JACOBSON, E., 1938-
1943 (64 y 65), quien utilizando un amplificador -
muy alto con una aguja de electrodos finos y con -
un neurovoltmetro acoplado, afirmó que no exis-
tían potenciales de acción en músculos que se en-
contraban completamente relajados. CLEMMESSEN, S.,
1951 (25) estableció que "las fibras de un músculo
en reposo no producen ninguna variación de poten-
cial"; anteriormente numerosos autores habían afir-
mado parecidas conclusiones: LINDSLEY, D., 1935 (79)
HOEFFER, P., 1941 (59), JASPER, H. y FORDE, W., 1947
(66), BAUWENS, P., 1948-1950 (12 y 13) y RALSTON, H
y LIBET, E., 1953 (102).

Sin embargo GOPPERT, H., 1952 (49) utilizando un -
circuito capaz de alta amplificación investigó un -
gran número de músculos en reposo y en sus conclu-

siones expuso que "en los músculos de los miembros de las personas normales y tranquilas los potenciales se reducían al orden de unos pocos microvoltios si bien ninguno de ellos aparecía si el registro se realizaba sobre una eminencia ósea (tibia o rótula)" con lo que adelantó la creencia de que su origen fuera muscular, asimilando dichos potenciales a una manifestación del tono muscular.

Intentando aclarar estos conceptos contrapuestos, JOSEPH, J.; NIGHTINGALE, A. y WILLIAMS, P., 1955 (70) utilizando un amplificador y sistema de registro similar al descrito por los autores en 1952 (69) sirviéndose de electrodos de disco de 1 cm. de diámetro y manteniendo el amplificador y el sujeto a explorar en una cámara aislante, para evitar al máximo los ruidos, investigaron en la posición de ortostatismo relajada los músculos cuádriceps femoral, isquiotibiales, tibial anterior, gastrocnemio y sóleo de sujetos normales de edad comprendida entre 18-22 años. El resultado de esta investigación confirmó la existencia de pequeños potenciales de unos 5 mV. de amplitud registrados a partir del músculo relajado y a los que se refería anteriormente GONFERT, sugiriendo que se trataban de unidades motoras en actividad; sin embargo en el trabajo citado, los autores obtuvieron estos potenciales sobre hueso por lo que inhabilitaron el anterior argumento reafirmando la teoría clásica expuesta al comienzo de este apartado. Probablemente puedan buscarse sus causas en la existencia de "potenciales miniatura fin-de-placa" descrito por FATT, P. y KATZ, B., 1950-1952 (38 y 39) o bien al flujo irregular de

iones a través de los vasos, terminos estos que no se hallan comprobados.

Por ultimo y referente a los mecanismos de adaptación postural y su influencia en la contracción muscular, HOUTZ, S. y FISCHER, F., 1961 (63), estudiaron los potenciales electromiográficos de los músculos de la pierna durante movimientos corporales seleccionados, analizando los hallazgos en términos de función muscular y cambio de posición. En este sentido son de destacar trabajos previos como los clásicos experimentos de SHERRINGTON, S., 1948 (113) estudiando los reflejos de los animales y estimulando a otros autores a la búsqueda del papel de los reflejos en el hombre y su acción integrada con los movimientos controlados corticalmente; anteriormente MAGNUS, R., 1926. (81) había presentado un completo conocimiento de los reflejos posturales de los animales y WELLS, H., 1944 (129) y TOKIZANE, T.; MURAO, T; OGATA, T. y KONDO, T., 1951 (121), demostraron la presencia de actitudes reflejas en el hombre normal afirmando que forman parte de la integración del sistema nervioso.

El análisis del experimento de HOUTZ y FISCHER mostró la influencia de fuerzas externas y gravitacionales como modificadoras de la función muscular; observando el músculo tibial anterior y el extensor común de los dedos p. ej., vieron como actuaban casi constantemente a lo largo del movimiento del pie lo que sugiere que, en el curso de continuos movimientos cambian periodicamente su acción: primero movilizadores, luego fijadores, antagonistas y si-

nergistas. Los movimientos del cuerpo en la posición erecta se consiguen generalmente por mediación de cambios concurrentes involuntarios en la pierna y en el pie; la cabeza, tronco, brazos y pelvis pueden lograr una gran variedad de movimientos y la posición de la pierna y el pie se adapta automáticamente. La rotación del cuerpo alrededor del eje vertical requiere una progresiva interacción de cada segmento encadenado en el movimiento cefalocaudal, si se consigue que sea integrado en un acto coordinado: la actividad aumenta en los músculos de la pierna hacia el lado en que rotan cabeza y cuerpo, independientemente de la posición del pie.

BASMAJIAN, J. y BENTZON, J., 1954 (8) determinaron los tipos de actividad electromiográfica hallada en tres músculos de la pierna (tibial anterior, peroneo lateral largo y gemelo externo) y en tres músculos cortos del pie (separador del dedo gordo, flexor corto plantar y separador del dedo pequeño), para analizar la posible validez de la teoría según la cual estos músculos mantienen los arcos del pie en la bipedestación. Los autores estudiaron 17 hombres y 16 mujeres (estas, tanto descalzas como con tacón alto) en posición de ortostatismo relajado. Se utilizó un electrodo unipolar de aguja.

Concluyeron que tanto el músculo tibial anterior, como el peroneo lateral largo e intrínsecos del pie no tenían un papel importante en el soporte estático normal de los arcos largos del pie; en cuanto al músculo gastrocnemio, en los hombres se mostró mucho más activo que el resto de los músculos. En las

mujeres no se encontró diferencias de respuesta en los distintos músculos si bien llevando tacón alto aumentaba marcadamente la actividad del gastrocnemio y peroneo lateral largo, probablemente debido a un deslizamiento en sentido ventral del centro de gravedad. Todo ello estaba de acuerdo en esencia con los estudios realizados en 1948 por AKERBLOM, B. (3), quien no encontró actividad alguna en los músculos de la pierna, si bien al no utilizar electrodos monopolares de aguja le fué más difícil hallar una prueba biológica de actividad.

Igualmente SMITH, J., 1954 (116) usando electrodos de superficie, exploró los músculos anteriores y posteriores de la pierna y los músculos cortos plantares para investigar sobre el mecanismo por el cual persiste el pie en su forma arqueada aun cuando soporta en mayor o menor grado el peso corporal. La actividad de los músculos intrínsecos se exploró sin que para el autor fuera inconveniente para la extensión del campo eléctrico la gruesa fascia plantar. Los resultados obtenidos de la exploración de seis sujetos se resumen en estos puntos: 1. el acto del ortostatismo comprende una serie de fases estáticas de unos 30 segundos de duración, que se alternan con unas breves fases de movimiento; 2. exceptuando el músculo gastrocnemio no se encontró actividad muscular y aun esta se halló de forma intermitente, probablemente debida en su mayor parte al control de las oscilaciones anteroposteriores del cuerpo, y con un pequeño efecto sobre el pie; 3. es por ello probable que durante la mayor parte de cada fase estática del ortostatismo, el arco sea man-

tenido por un mecanismo que implica la tensión pasiva de los tejidos del pie, de los huesos, ligamentos y fascias desempeñarán seguramente el principal papel, si bien no puede excluirse la acción de los músculos.

Un nuevo estudio en la citada posición standard de ortostatismo relajado fue llevado a cabo en 10 mujeres y 6 hombres por NAPONIELLO, L., 1957 (90) quien utilizando electrodos de superficie estudió los músculos de la pantorrilla y tibial anterior; las mujeres se estudiaron también utilizando tacones altos. Los resultados de su trabajo reflejaron una actividad continua en los músculos de la pantorrilla (sóleo y en menor grado la cabeza externa del gastrocnemio); utilizando tacones altos se observó un incremento de actividad. En cuanto al músculo tibial anterior pudo hallarse actividad intermitente en algunos individuos, siendo más evidente en el desplazamiento posterior del cuerpo. La autora correlaciona la actividad continua de los músculos de la pantorrilla con el mantenimiento de la posición erecta; en cuanto al aumento de actividad de estos y del tibial anterior estarían relacionados con la inclinación anteroposterior del cuerpo en un esfuerzo por recobrar la posición neutra. FERRAZ, E.; DE MORAES, J. y PAROLARI, J.; 1958(40), en un estudio realizado en 7 sujetos sobre los MS peroneos encuentran que su actividad es intermitente, aumentando grandemente al inclinarse los sujetos hacia delante y silenciándose al hacerlo hacia atrás.

Los trabajos anteriores no nos aclaran sin embargo

datos sobre la posible acción de soporte muscular; - sus conclusiones ratifican la interacción de los - músculos de la pierna durante ciertas posiciones del pie, aspectos ya señalados anteriormente en los trabajos de HOUTZ y FISCHER, etc. Precisamente dicha - interacción de los músculos de la pierna durante movimientos del pie libre y posiciones con el pie en carga o en movimiento del cuerpo, fue objeto de un estudio posterior de O'CONNELL, A., 1958 (95), quien haciéndose eco de trabajos precedentes de otros autores como GELLHORN, E., 1947 (44), UNIVERSIDAD DE CALIFORNIA, 1947 (123), y de SHEFFIELD, F; GERSTEN, J. y MASTELLONE, A., 1956 (112), explora - electromiográficamente con electrodos de superficie y bipolares de aguja los músculos tibial anterior, - extensor largo de los dedos, peroneo lateral largo, cabezas lateral y medial del gastrocnemio, sóleo y flexor largo de los dedos. Cifrándose a las conclusiones del autor referentes exclusivamente al pie en ortostatismo en carga afirma que: 1. durante el ortostatismo normal el músculo sóleo mantiene una - contracción tónica para evitar que el cuerpo caiga hacia delante, en tanto que los músculos anterolaterales permanecían inactivos; 2. en rampa solamente mostró actividad el músculo tibial anterior, y tanto mayor cuanto más pronunciada fuera esta; 3. en - pendiente los músculos de la pantorrilla aumentaban su actividad en relación con terreno llano y si la pendiente era superior a los 10° el peroneo lateral largo se hacía así mismo activo; 4. finalmente en - la posición de inclinación (medial o lateral) en la que el pie superior se encuentra evertido, se mues-

tran activos casi todos los músculos pósterolaterales de la pierna y a veces también el tibial anterior del pie superior, probablemente para contrarrestar la posición en eversión del mismo.

Tampoco es muy explícito este trabajo sobre la posible actividad muscular en el soporte corporal y más bien insiste en la función equilibradora y antigraavitacional de algunos músculos. Y sin embargo es evidente que algún atractivo tiene la idea anterior que recordaremos como defendía KEITH en 1929 y en menor proporción JONES en 1941; posteriormente otros autores adoptaron una posición ecléctica en el sentido de dar una importancia pareja a la acción de los elementos pasivos por un lado y los músculos por otro en el mantenimiento del arco plantar : HARRIS, R. y BEATH, T., 1948 (53) concluyen que ambas estructuras (activas y pasivas) eran responsables del arco normal, si bien favorecen claramente la acción de las segundas, y WOOD JONES, F., 1949 (131), estima que la aponeurosis plantar y los ligamentos tarsales de la planta contienen los pilares anterior y posterior del arco y que la contracción activa de los músculos intrínsecos entre estas estructuras también juega un importante papel.

En un intento de clarificar estas ideas parcial o totalmente contrapuestas BASMAJIAN, J. y STECKO, G. 1963 (9) realizan un nuevo experimento empleando electrodos bipolares intramusculares y aplicando pesos progresivos sobre la rodilla del miembro a explorar desde 100 a 400 libras, observan como los seis músculos explorados no reaccionaron a pesos realmente superiores a los que normalmente se aplican o in

ciden sobre el pie estático, destacando como el músculo peroneo lateral largo era "dramáticamente" silencioso excepto en algún caso al aplicar un peso - de 400 libras. Apoyan con éstas conclusiones las ideas previamente emitidas por KAPLAN, M. y KAPLAN, T., 1935 (73), LAKE, N., 1937 (75), MORTON, D. y FULLER, D., 1952 (88) -estos afirman que solamente una fuerza aguda y pesada, pero transitoria, tal como el arranque de la marcha, requeriría de la acción dinámica de los músculos- y de BASMAJIAN y BENTZON y SMITH, ya comentados.

MANN, R. e INMAN, V., 1964 (82) hacen un estudio específico de la musculatura corta plantar; previamente revisan los ejes de las articulaciones subastragalina y mediotarsiana así como los ejes de movimiento del pie aspectos estudiados anteriormente por ELFTMAN, H., 1934 (35), ELFTMAN, H. y MANTER, J., 1934 (36), HICKS, MANTER J., 1941 (83) y ELFTMAN, H., 1960 (37). La conclusión fundamental fue la que la actividad funcional muscular no era necesaria para soportar el arco, estando el pie en reposo, y que los músculos intrínsecos del pie actuaban como una unidad funcional. Por otra parte observaron como jugaban un importante papel en la estabilización del pie durante la propulsión ya que están relacionados con los citados ejes de las articulaciones subastragalina y mediotarsiana; circunstancia ésta que fue confirmada por OOTA, Y., 1956-57 (97) y (97 bis), al referir como en los sujetos que se elevan de puntillas existe una marcada actividad en los músculos intrínsecos similar a la señalada por SHEFFIELD, GERSTEN y MASTELLONE en el estadio de despegue de la marcha; además observaron -

que el pie pronado exige mayor actividad a la musculatura intrínseca que el pie normal en la estabilización de dichas articulaciones, circunstancia que se correlaciona con los estudios de WRIGHT, D., DESAI, S. y HENDERSON, W., 1964 (133) en el sentido de que el movimiento de la articulación subastragalina durante la fase de apoyo de la marcha aumentaba en los sujetos que caminaban en pendiente y en aquellos que presentaban un pie pronado.

En 1967, BASMAJIAN, D. (10) revisa todos estos conceptos y reafirma que en la posición de ortostatismo relajado no se requiere actividad muscular, en tanto que en las posiciones en las que se aplican stress excesivos sí se obtiene respuesta muscular; sin duda alguna la primera línea de defensa está representada por las estructuras pasivas. Durante la actividad, los músculos parecen contribuir al mantenimiento normal de los arcos longitudinales. BASMAJIAN y STECKO, siguiendo a HARRIS y BEATH (53) distinguen el llamado "pie potente" del "pie débil": el primero sería aquel en que los huesos del tarso estén articulados de tal forma que el peso corporal se soporta sin movimiento recíproco apreciable entre ellos; en este tipo de pie los músculos tendrán solo una función equilibradora; por el contrario el llamado pie débil se caracterizaría por la disposición inestable de los huesos del tarso de forma que al soportar peso cambian de posición y solamente aumentando el soporte proporcionado por los músculos, podrá mantenerse la forma normal del pie. Este concepto es muy importante pues si se consiguiera demostrar actividad muscular en pies de tipo "potente" -

podría abogarse por la existencia de un tipo de pie intermedio o "muscular" que apoyara parcialmente la teoría de los defensores del papel muscular en el sostenimiento de los arcos plantares.

Por último queremos recordar el trabajo de JONSSON, B. y RUNDGREN, A., 1971 (68), quienes estudiaron la acción de los músculos peroneo lateral corto y largo en diversas posiciones y movimientos del pie; para ello utilizaron electrodos de aguja monofilamento y concluyeron que la actividad postural de dichos músculos no es importante, debiéndose de una manera fundamental al efecto flexor sobre la articulación del tobillo que mantienen.

Sin embargo no es este el punto más original del citado estudio sino el cuidadoso control de la inserción de las agujas en la masa muscular que realizan los autores. Para ello aplican la técnica de inyección de dióxido de carbono descrita por REICHMANN, y JONSSON, B., 1967 (103) para verificar radiológicamente dicho control. Los resultados son expresivos pues de 16 y 21 inserciones de electrodos efectuadas en los músculos peroneo largo y corto, solamente 9 y 12 respectivamente resultaron estar realmente en el interior de los mismos. Creemos que éste es un dato que habrá que tener muy presente en todo estudio electromiográfico, pues solamente un correcto conocimiento anatómico nos permitirá extraer conclusiones válidas a partir de exploraciones exactas.

RESULTADOS OBTENIDOS

En el fascículo segundo podremos revisar la casuística, por una parte siguiendo el detalle de los protocolos correspondientes a los treinta y ocho casos investigados, y por otra en los cuadros resumen de los mismos en los cuales se destacan aquellos datos que van a interesar más el propósito de este trabajo. Y de entre todos estos datos, los referentes al tipo y frecuencia de contracción muscular van a ser los más importantes, pues a partir de ellos elaboraremos fundamentalmente nuestras conclusiones.

A modo de resumen, podemos revisar la actividad muscular en cada una de las posiciones en las tablas I a VII que a continuación siguen:

RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

TABLA I

Resumen de las respuestas B.M.G. halladas en el
M. GEMELO EXTERNO

	Sobre 2 pies					Sobre 1 pie				
	OR	RA	PE	IM	IL	CR	RA	PE	IM	IL
Nulo	38	38	34	36	34	33	30	24	32	24
Débil	0	0	2	2	4	5	8	11	5	9
Moderado	0	0	2	0	0	0	0	2	1	3
Fuerte	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2

TABLA II

Resumen de las respuestas E.M.G. halladas en el
M. PERONEO LATERAL LARGO

	Sobre 2 pies					Sobre 1 pie				
	OR	RA	PE	IM	IL	OR	RA	PE	IM	IL
Nulo	36	37	37	34	37	28	30	26	29	31
Débil	2	0	1	4	2	7	6	8	7	5
Moderado	0	1	0	0	0	2	2	3	2	1
Fuerte	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1

TABLA III

Resumen de las respuestas E.M.G. halladas en el
M. TIBIAL POSTERIOR

	Sobre 2 pies					Sobre 1 pie				
	OR	RA	PE	IM	IL	OR	RA	PE	IM	IL
Nulo	37	36	33	37	33	26	26	27	30	27
Débil	1	2	4	1	5	8	11	9	5	3
Moderado	0	0	1	0	0	4	1	0	2	1
Fuerte	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2

TABLA IV

Resumen de las respuestas E.M.G. halladas en el
M. TIBIAL ANTERIOR

	Sobre 2 pies					Sobre 1 pie				
	OR	RA	PE	IM	IL	OR	RA	PE	IM	IL
Nulo	33	26	33	30	31	23	23	27	27	27
Débil	1	4	1	2	2	5	8	4	1	3
Moderado	0	3	0	2	1	6	2	3	5	4
Fuerte	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0

TABLA V

Resumen de las respuestas E.M.G. halladas en el
M. ABDUCTOR DEL DEDO GORDO

	Sobre 2 pies					Sobre 1 pie				
	OR	RA	PE	IM	IL	OR	RA	PE	IM	IL
Nulo	30	30	27	27	26	16	19	14	13	20
Débil	4	4	7	6	8	10	6	11	12	9
Moderado	1	1	1	2	1	9	10	9	7	4
Fuerte	0	0	0	0	0	0	0	1	3	2

TABLA VI

Resumen de las respuestas E.M.G. halladas en el
M. FLEXOR CORTO PLANTAR

	Sobre 2 pies					Sobre 1 pie				
	OR	RA	PE	IM	IL	OR	RA	PE	IM	IL
Nulo	28	29	29	27	27	22	21	23	20	20
Débil	6	4	3	5	4	7	9	5	10	7
Moderado	0	1	2	2	1	5	3	6	4	5
Fuerte	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

TABLA VII

Resumen de las respuestas E.M.G. halladas en el
M. ABDUCTOR DEL 5º DEDO

	Sobre 2 pies					Sobre 1 pie				
	OR	RA	PE	IM	IL	OR	RA	PE	IM	IL
Nulo	33	34	33	34	31	26	27	27	29	20
Débil	0	0	0	0	1	6	5	4	3	9
Moderado	1	0	1	0	1	1	2	3	1	4
Fuerte	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1

ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Una vez agrupados y resumidos los resultados (ver tablas I a VII) pasaremos a ocuparnos de la valoración de los mismos.

Y es justamente éste punto aquel donde tal vez nos hemos detenido de una forma mas intensa, conscientes de la dificultad que, a nuestro modo de ver, entraña la representación objetiva y susceptible de comparación y análisis estadístico de los trazados electromiográficos.

En general, el defecto principal que hallamos en los diversos intentos clasificatorios de los trazados es el de su inevitable subjetividad, ya que parámetros tales como intensidad y frecuencia deben establecerse siempre previamente de un modo mas o menos convencional, y, por tanto, subjetivo. Este carácter aleatorio en la cualificación del trazado electromiográfico da lugar a que en las conclusiones extraídas de estudios llevados a cabo por procedimientos electromiográficos, además de la incertidumbre derivada del método (y que la práctica repetida del mismo por diversos investigadores puede aclarar), se introduce una segunda derivada de la unidad.

Clásicamente la cualificación de los resultados obtenidos se viene apoyando en términos de nulo, muy débil, débil, etc. o bien positivo (con tres cruces, con dos, mas-menos, etc.), negativo o nulo....., con lo que no es facil comparar los resultados de unos y otros autores, pudiendo llegar a veces a ser contradictorios.

Por ello, y a la vista de éstas consideraciones, hemos

intentado afrontar esta dificultad por medio de un doble sistema de valoración superponible entre sí, por una parte y cuantificable por otra. Es preciso señalar no obstante, que pretendiendo huir de tentaciones de originalidad (con el evidente riesgo de subjetivar así mismo un tipo nuevo de valoración), hemos elegido para la valoración de los resultados una clasificación de entre las que podemos llamar mas habituales, para, posteriormente y con ayuda de la estadística, proponer un método cuantitativo de valoración a partir de la misma.

1º Valoración cualitativa de los resultados

I. Definición del método

Este método de valoración se basa en dividir los diferentes trazados a las respuestas electromiográficas -

TABLA VIII

Resumen porcentual de la actividad E.M.G. del
M. GEMELO EXTERNO

		Sobre 2 pies					Sobre 1 pie				
		OR	RA	PE	IM	IL	OR	RA	PE	IM	IL
Nulo	(N)	100	100	89,4	94,7	89,4	86,8	78,9	63,1	84,1	63,1
Débil	(D)	0	0	5,2	5,2	10,5	13,1	21	28,9	13,1	23,6
Moderao	(M)	0	0	5,2	0	0	0	0	5,2	2,6	7,8
Fuerte	(F)	0	0	0	0	0	0	0	2,6	0	5,2

TABLA IX

Resumen porcentual de la actividad E.M.G. del
M. PERONEO LATERAL LARGO

		Sobre 2 pies					Sobre 1 pie				
		OR	RA	PE	IM	IL	OR	RA	PE	IM	IL
Nulo	(N)	94,7	97,3	97,3	89,4	97,3	73,6	78,9	63,4	76,3	81,5
Débil	(D)	5,2	0	2,6	10,5	2,6	18,4	15,7	21	18,4	13,1
Moderado	(M)	0	2,6	0	0	0	5,2	5,2	7,8	5,2	2,6
Fuerte	(F)	0	0	0	0	0	2,6	0	2,6	0	2,6

TABLA X

Resumen porcentual de la actividad E.M.G. del
M. TIBIAL POSTERIOR

		Sobre 2 pies					Sobre 1 pie				
		OR	RA	PE	IM	IL	OR	RA	PE	IM	IL
Nulo	(N)	97,3	94,7	86,8	97,3	86,8	68,4	68,4	71	78,9	71
Débil	(D)	2,6	5,2	10,5	2,6	13,1	21	28,9	23,6	13,1	21
Moderado	(M)	0	0	2,6	0	0	10,5	2,6	0	5,2	2,6
Fuerte	(F)	0	0	0	0	0	0	0	5,2	2,6	5,2

TABLA XI

Resumen porcentual de la actividad E.M.G. del
M. TIBIAL ANTERIOR

		Sobre 2 pies					Sobre 1 pie				
		OR	RA	PE	IM	IL	OR	RA	PE	IM	IL
Nulo	(N)	97	76,6	97	88,2	91,1	67,6	67,6	79,4	79,4	79,4
Débil	(D)	29	11,7	2,9	5,8	5,8	14,7	23,5	11,7	2,9	8,8
Moderado	(M)	0	8,8	0	5,8	2,9	17,6	5,8	8,8	14,7	11,7
Fuerte	(F)	0	2,9	0	0	0	0	2,9	0	2,9	0

TABLA XII

Resumen porcentual de la actividad E.M.G. del
M. ABDUCTOR DEL GORDO

		Sobre 2 pies					Sobre 1 pie				
		OR	RA	PE	IM	IL	OR	RA	PE	IM	IL
Nulo	(N)	85,7	85,7	77	77	74,2	45,7	54,2	40	37,1	57,1
Débil	(D)	11,4	11,4	20	17,1	22,8	28,5	17,1	31,4	34,2	25,7
Moderado	(M)	2,8	2,8	2,8	5,7	2,8	25,7	28,5	25,7	20	11,4
Fuerte	(F)	0	0	0	0	0	0	0	2,8	8,5	5,7

TABLA XIII

Resumen porcentual de la actividad E.M.G. del
M. FLEXOR CORTO PLANTAR

		OR	RA	PE	IM	IL	OR	RA	PE	IM	IL
Nulo	(N)	82,3	85,2	85,2	79,4	84	64,7	61,7	67,6	58,8	62,5
Débil	(D)	17,6	11,7	8,8	14,7	12	20,5	20,4	14,7	29,4	21,8
Moderado	(M)	0	2,9	5,8	5,8	3	14,7	8,8	17,6	11,7	15,6
Fuerte	(F)	0	0	0	0	0	0	2,9	0	0	0

TABLA XIV

Resumen porcentual de la actividad A.M.G. del
M. ABDUCTOR DEL QUINTO DEDO.

		Sobre 2 pies					Sobre 1 pie				
		OR	RA	PE	IM	IL	OR	RA	PE	IM	IL
Nulo	(N)	97	100	97	100	91,1	76,4	79,4	79,4	85,2	58,8
Débil	(D)	0	0	0	0	2,9	17,6	14,7	11,7	8,8	26,4
Moderado	(M)	2,9	0	2,9	0	2,9	2,9	5,8	8,8	2,9	11,7
Fuerte	(F)	0	0	0	0	2,9	2,9	0	0	2,9	2,9

en una serie de grupos, como ya se vió en el apartado correspondiente al Material y Método, representado en la figura 17. Dichos grupos son:

- a) Trazados nulos
- b) " débiles
- c) " moderados
- d) " fuertes.

No hemos creído necesario introducir otros grupos intermedios (como por ejemplo los muy débiles).

Estos distintos grupos nos servirán para calificar los trazados correspondientes a cada uno de ellos con las iniciales N, D, M, F respectivamente como podremos observar en sucesivas gráficas o histogramas. En las tablas VIII a XIV hemos trasladado en forma de valor porcentual las respuestas halladas en cada músculo y en las distintas posiciones investigadas. A su vez hemos procedido a trasladar a graficas en forma de histogramas las citadas actividades musculares así como los índices porcentuales obtenidos a partir de las actividades correspondientes a cada posición.

II. Análisis de los resultados

Primeramente pasamos a revisar la actividad muscular, y posteriormente estudiaremos los histogramas correspondientes a la actividad porcentual por posiciones.

A) Actividad muscular

1. M. Gemelo externo (gráficas 1 y 2)

- a) Con apoyo sobre ambos pies este músculo va a presentar la particularidad (solamente compartida -

por el músculo abductor del 5º dedo) de tener una contracción nula absoluta de todos los casos cuando se ha explorado en las posiciones de ortostatismo y rampa. En general es muy escasa su actividad y solo podríamos calificarla de apreciable en pendiente e inclinación lateral.

- b) Con apoyo sobre un pie el porcentaje de respuestas nulas aún siendo siempre superior al 50% de los casos explorados, va a disminuir considerablemente, disminución que va a afectar proporcionalmente a más a aquellas posiciones que tuvieron un 100 por 100 de nulos con apoyo sobre ambos pies, pese a lo cual seguirán siendo las mismas posiciones de antes las que reflejan un mayor número de respuestas positivas (un 37%).

El análisis de ambos histogramas se deduce que: 1º en condiciones de ortostatismo normales este músculo no presenta prácticamente actividad eléctrica, 2º que el músculo gemelo externo es más activo en las posiciones de pendiente e inclinación lateral.

2. M. Peroneo lateral largo (gráficas 3 y 4)

- a) Con apoyo sobre dos pies si bien no existe ninguna posición de nulo absoluto, se puede decir que la actividad global del músculo es muy poco importante, oscilando las respuestas positivas entre 3 y 10%.
- b) Con apoyo sobre un pie en todas las posiciones se produce un aumento uniforme y de no mucha intensidad puesto que únicamente destaca su acti-

vidad en la posición de pendiente alcanzando un 32% de respuestas eléctricas.

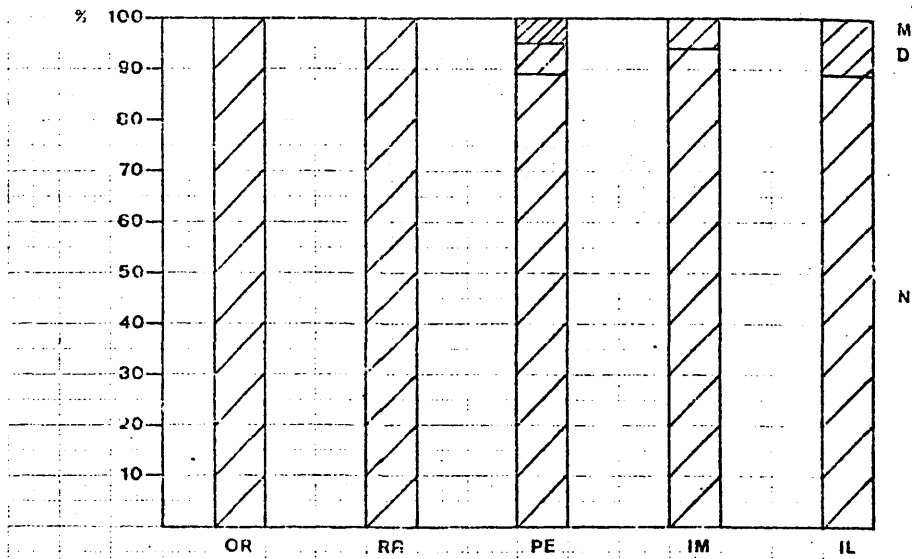
En resumen, este músculo se puede considerar en general como poco activo; podemos destacar del análisis de las gráficas: 1º que solamente es discretamente activo cuando se apoya con un solo pie en pendiente y, 2º que existe un cruce de máxima actividad de las posiciones de inclinación medial a pendiente al pasar de dos pies a uno, lo que probablemente no significa en definitiva sino la influencia que tiene sobre este músculo el cambio de la columna estática del cuerpo.

3. M. Tibial posterior (gráficas 5 y 6)

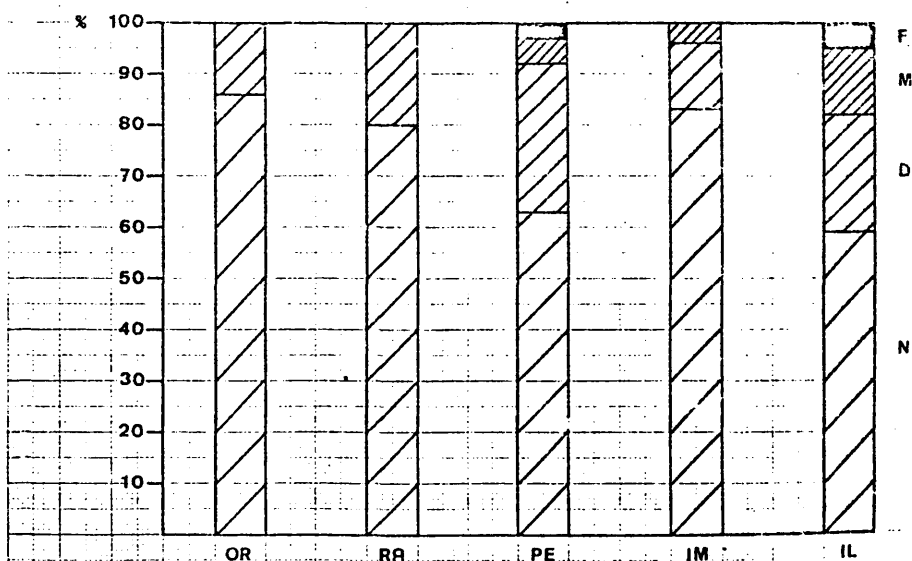
- a) Con apoyo sobre ámbos pies los niveles de actividad oscilan entre el 3 y el 13%, es decir igualmente bajos si bien algo superiores a la de los dos músculos anteriores.
- b) Con apoyo sobre un pie si bien no vamos a encontrar cifras de actividad muy elevadas (sobre el 32%), es destacable como casi todas las posiciones experimentan un aumento evidente de actividad, aumento del que curiosamente se excluye la posición de inclinación medial, que en conjunto se manifiesta como la menos activa.

Además de esta última particularidad reseñada podemos destacar el hecho de la uniforme actividad de todas las demás posiciones, lo que dentro de su escasa actividad parece indicarnos un posible papel equilibrador de las diversas articulaciones que atraviesa, mas que una función específica sobre un arco del pie.

M. GEMELO EXTERNO (2 PIES).

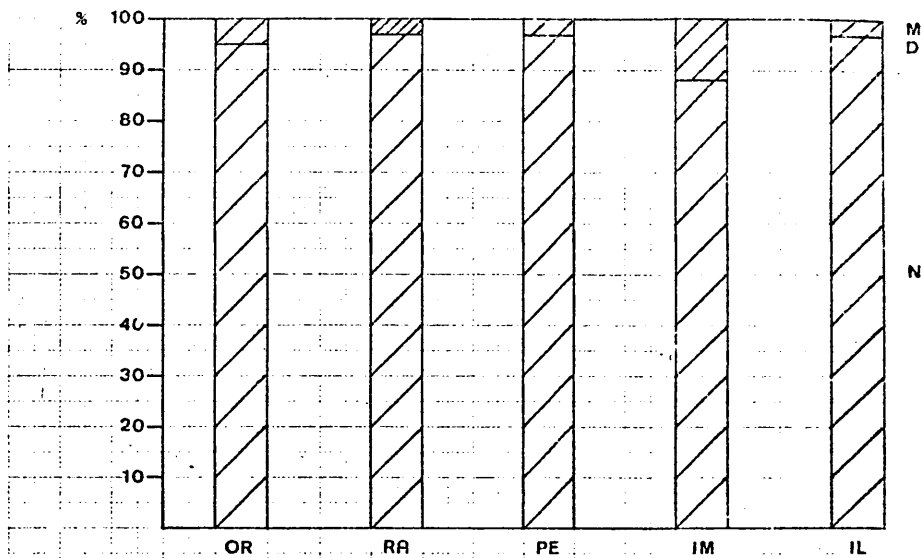


M. GEMELO EXTERNO (1 PIE)

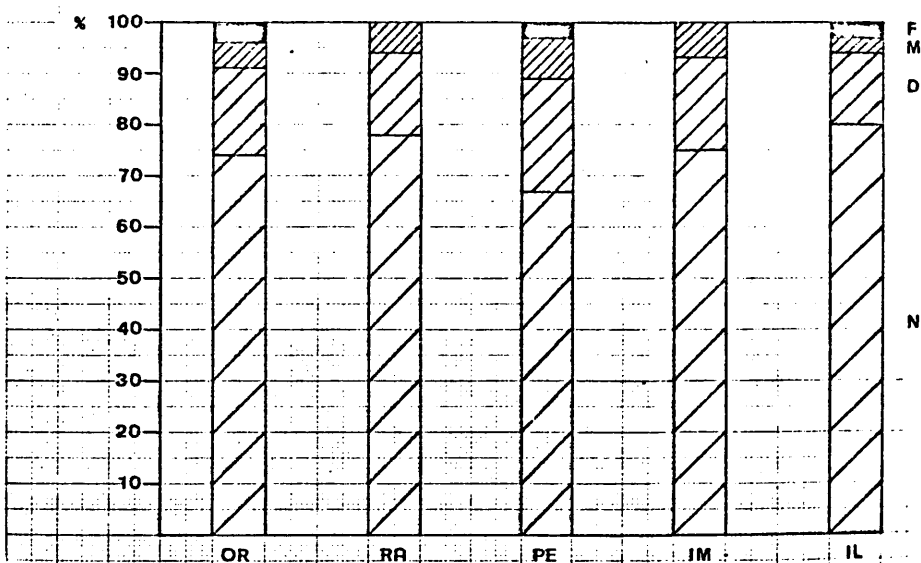


GRAFICAS 1 y 2

M. PERONEO LATERAL LARGO (2 PIES)



M. PERONEO LATERAL LARGO (1 PIE)



4. M. Tibial anterior (gráficas 7 y 8)

a) Con apoyo sobre ámbos pies al lado de posiciones prácticamente inactivas (como ortostatismo y pendiente) destaca la actividad desarrollada por este músculo cuando el sujeto se encuentra sobre rampa, y que alcanza una cifra de hasta el 24%, similar a las que hemos encontrado en apoyos unipodales.

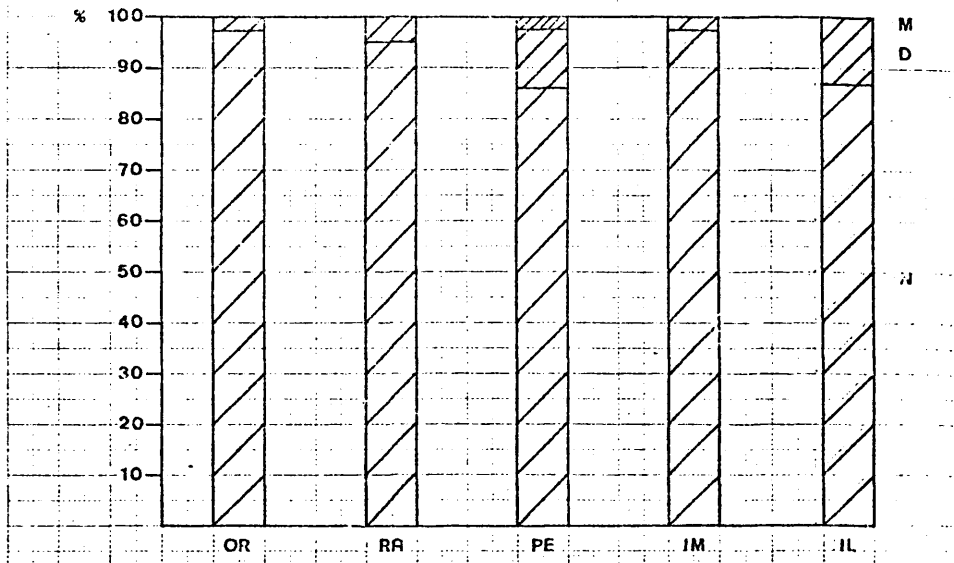
b) Con apoyo sobre un pie se van a producir fundamentalmente dos hechos de interés: por un lado el aumento de actividad en la posición de ortostatismo, y por otro el no proporcionado aumento que se produce en la posición de rampa con respecto a los valores alcanzados durante el apoyo bipodal.

En general este músculo mantiene unos niveles de actividad superiores a los del músculo tibial posterior (si bien no en exceso). La particularidad de la actividad de este músculo en las posiciones de rampa con apoyo sobre ámbos pies / ortostatismo con apoyo sobre uno, nos hacen pensar que concurren en él factores gravitacionales, frente a los que reacciona para contrarrestar la tendencia del cuerpo a vencerse en sentido contrario (en el caso de rampa) o, simplemente como músculo agonista.

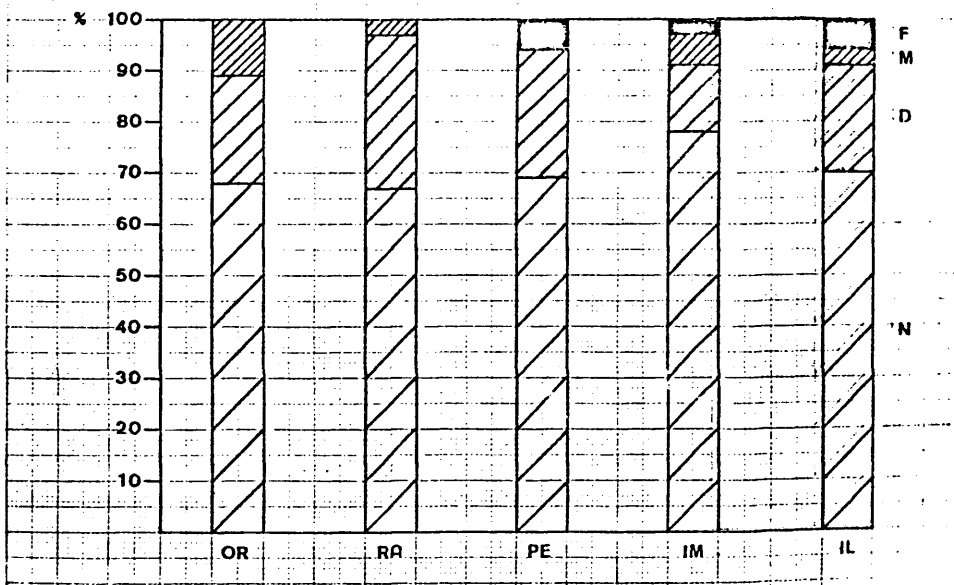
5. M. Abductor del pie gordo (gráficas 9 y 10)

a) Sobre dos pies, el porcentaje de actividad (del 14 al 26%) es el más alto de toda la serie, destacando, sorprendentemente la posición de inclinación lateral.

M. TIBIAL POSTERIOR (2 PIES)

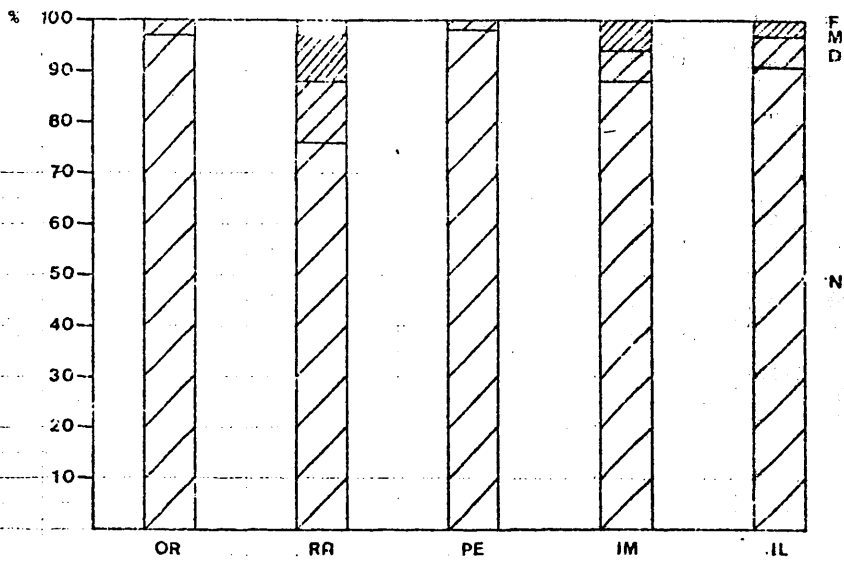


M. TIBIAL POSTERIOR (1 PIE)

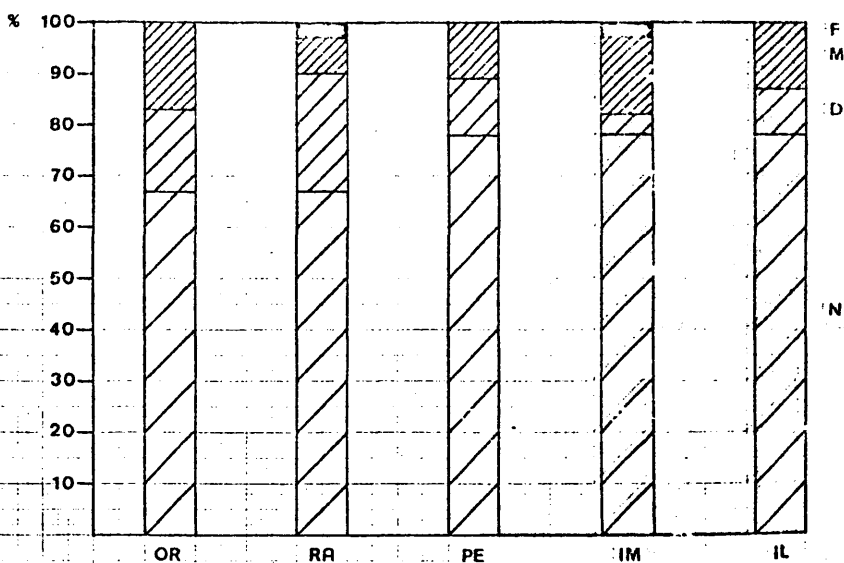


GRAFICAS 5 y 6

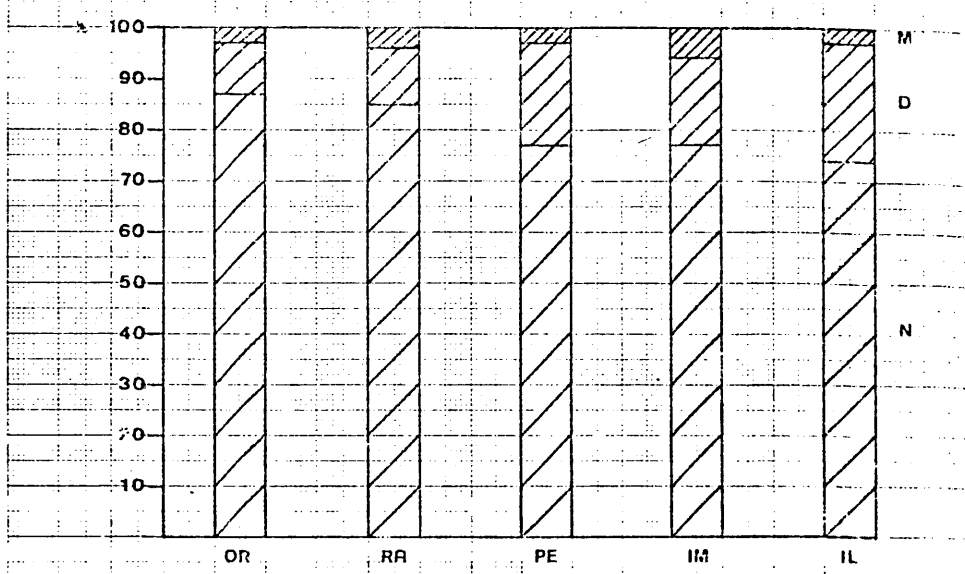
M. TIBIAL ANTERIOR (2 PIES)



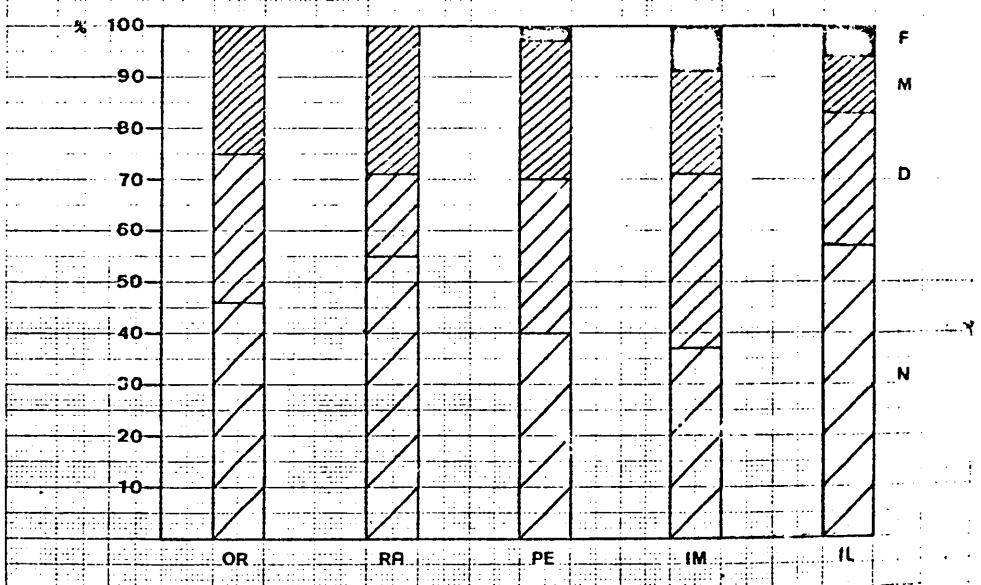
M. TIBIAL ANTERIOR (1 PIE)



M. ABDUCTOR DEL GORDO (2. PIES)

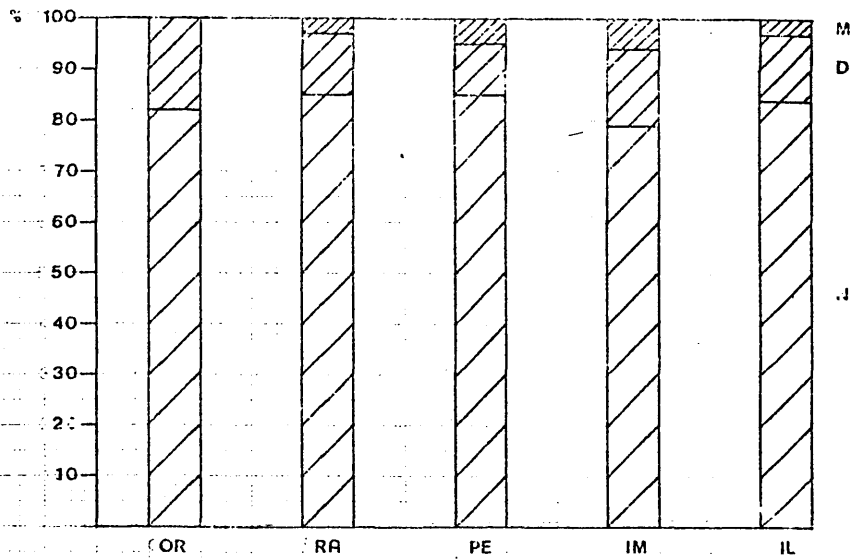


M. ABDUCTOR DEL GORDO (1. PIE)

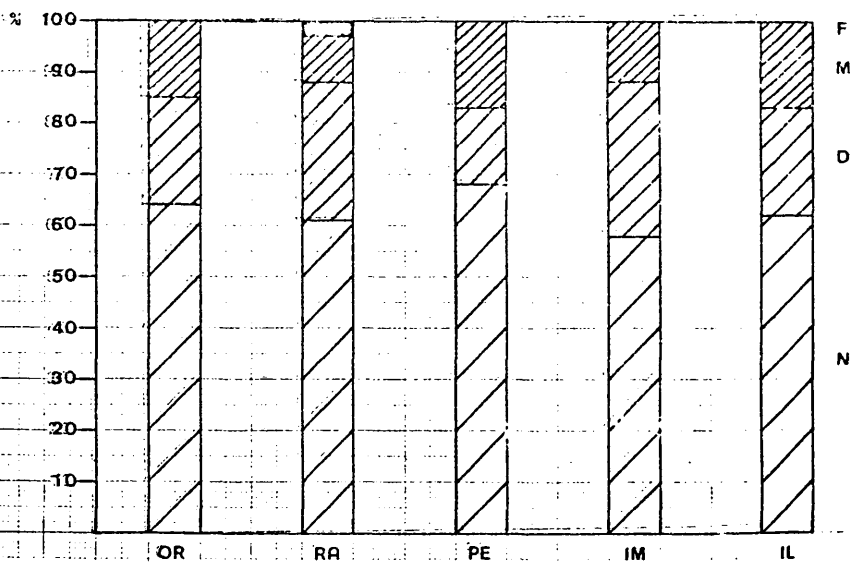


GRAFICAS 9 y 10

M. FLEXOR CORTO PLANTAR (2 PIES)



M. FLEXOR CORTO PLANTAR (1 PIE)



GRAFICAS 11 y 12

b) **Con apoyo sobre un pie, es en inclinación medial en donde desarrolla la máxima actividad**

alcanzando la cifra del 63%; también destaca la actividad en la posición de pendiente (60%) y en la de ortostatismo (54%).

Observando el histograma vemos claramente como estamos frente al músculo más activo de todos los explorados en las condiciones experimentales objeto del presente estudio, y podemos destacar: 1º cómo su contracción en apoyo bipoedal aún sin llegar nunca a porcentajes altos esta siempre presente de manera clara, 2º así como cuando apoya el sujeto ambos pies se manifiesta más activo en la posición de inclinación lateral, al pasar el apoyo a un solo pie esta posición pasa a ser la menos activa en beneficio de inclinación medial expresando de esta forma como una mayor sobrecarga responde principalmente el arco interno 3º la posición de pendiente sitúa al pie explorado en inversión (esto es en adducción, extensión y supinación); en estas condiciones va a ser también necesario el refuerzo que proporciona este músculo, de ahí que dicha posición sea la que refleje una mayor actividad después de inclinación medial.

6. M. Flexor corto plantar (gráficas 11 y 12)

a) Con apoyo sobre ambos pies la actividad del músculo en todas las posiciones es similar siguiendo inmediatamente en importancia a la del músculo abductor del dedo gordo.

- b) Con apoyo sobre un pie se mantienen las mismas - características de actividad destacando ésta en la posición de inclinación medial en la que alcanza un 41% de actividad.

El flexor corto plantar sigue inmediatamente en actividad al músculo abductor del dedo gordo con diferencia clara respecto a los demás músculos - explorados; confirma en nuestra investigación la importancia de la función de los músculos intrínsecos respecto a los restantes explorados.

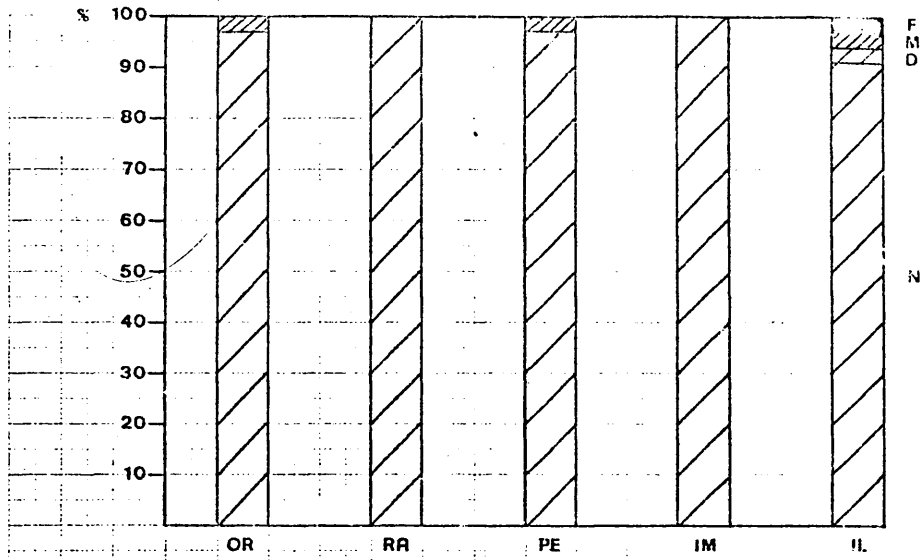
7. M. Abductor del quinto dedo (gráficas 13 y 14)

- a) Con apoyo sobre ambos pies destaca la ausencia - total de actividad en las posiciones de rampa e inclinación medial. En general, y exceptuando el apoyo en inclinación lateral, su actividad es - prácticamente nula y desde luego, la más baja de todos los músculos explorados.

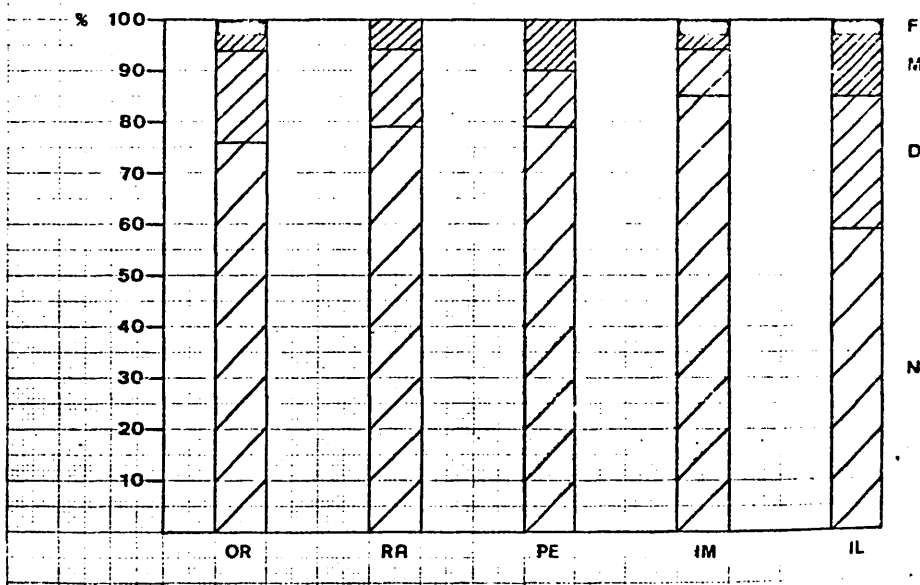
- b) Con apoyo sobre un pie se mantiene en general las cifras pobres de actividad con la excepción, así mismo, del apoyo en inclinación lateral donde al alcanza el 41% de actividad.

Es evidente que este músculo, componente del arco externo (de ahí su mayor actividad en inclinación lateral), no actúa prácticamente como soporte de la bóveda plantar en condiciones estáticas normales. Se trata del músculo menos activo de todos los intrínsecos - explorados y mantiene unos niveles de actividad pare - jos al resto de los intrínsecos.

M. ABDUCTOR DEL QUINTO (2 PIES)



M. ABDUCTOR DEL QUINTO (1 PIE)



GRAFICAS 13 y 14

B) ACTIVIDAD POR POSICIONES

I. Ortostatismo sobre plano horizontal (gráficas 15 y 16)

- a) Con apoyo sobre ambos pies ninguno de los músculos explorados presenta gran actividad, destacando la del músculo flexor corto plantar que alcanza el 18%.
- b) Con apoyo sobre un pie se produce un aumento uniforme de actividad muscular en todos los músculos intrínsecos y en el abductor del dedo gordo; persiste también el aumento de actividad en el músculo flexor corto plantar pero por encima de todos ellos destaca la actividad del músculo abductor del dedo gordo que alcanza un porcentaje del 46%.

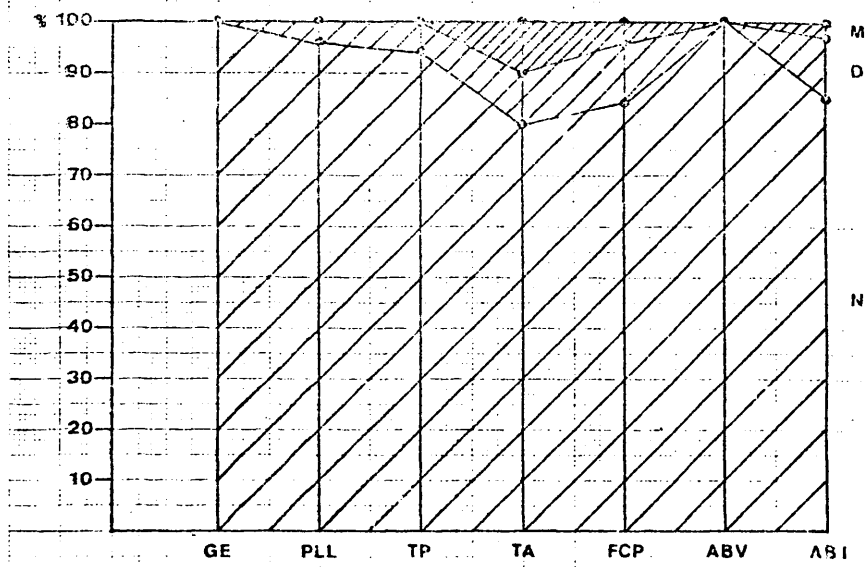
En resumen, si consideramos la posición de ortostatismo sobre plano horizontal como prototipo de apoyo habitual de la bóveda plantar, llegaremos a la conclusión de que únicamente los músculos, el abductor del dedo gordo y el flexor corto plantar manifiestan una actividad apreciable.

II. Rampa (gráficas 17 y 18)

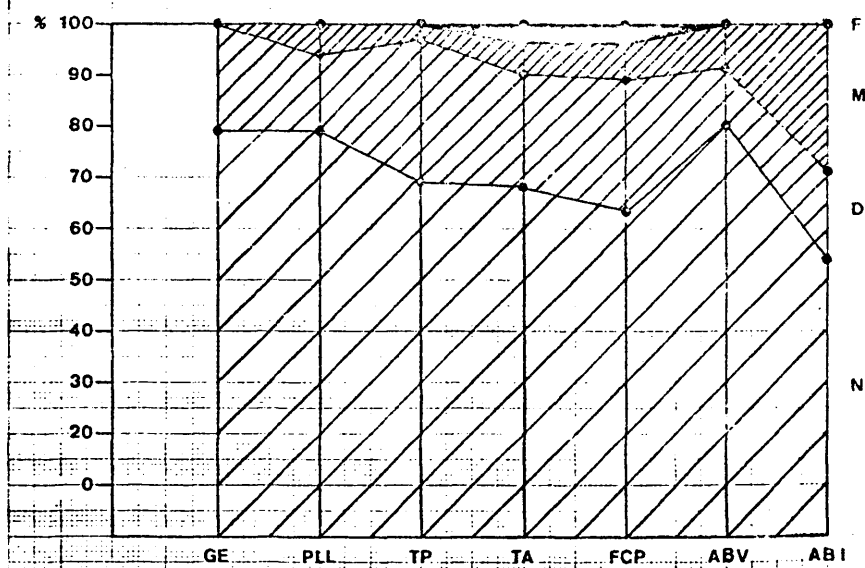
- a) Con apoyo sobre ambos pies destaca por una parte el 100 por 100 de porcentaje nulo que se producen en la actividad de los músculos gemelo externo y abductor del quinto dedo, y por otra, la actividad del músculo tibial anterior, ya comentada al revisar dicho músculo.
- b) Con apoyo sobre un pie se mantiene el trazado del histograma, destacando claramente la actividad del músculo abductor del dedo gordo.

En ésta posición existe un aumento muy uniforme de

RAMPA (2 PIES)

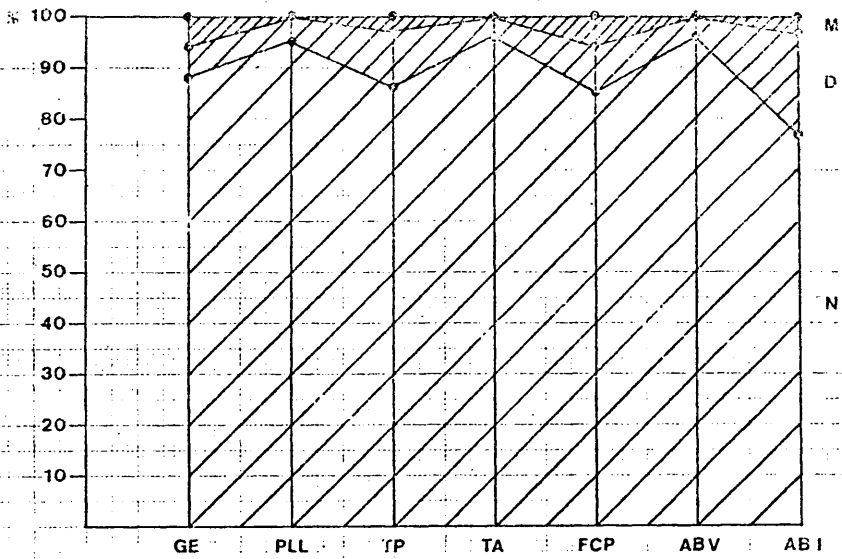


RAMPA (1 PIE)

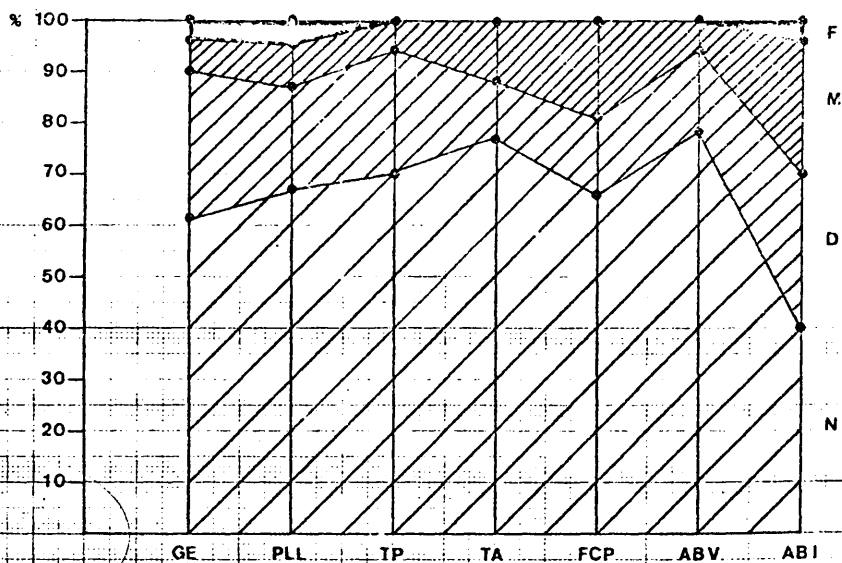


GRAFICAS 17 y 18

PENDIENTE (2 PIES)

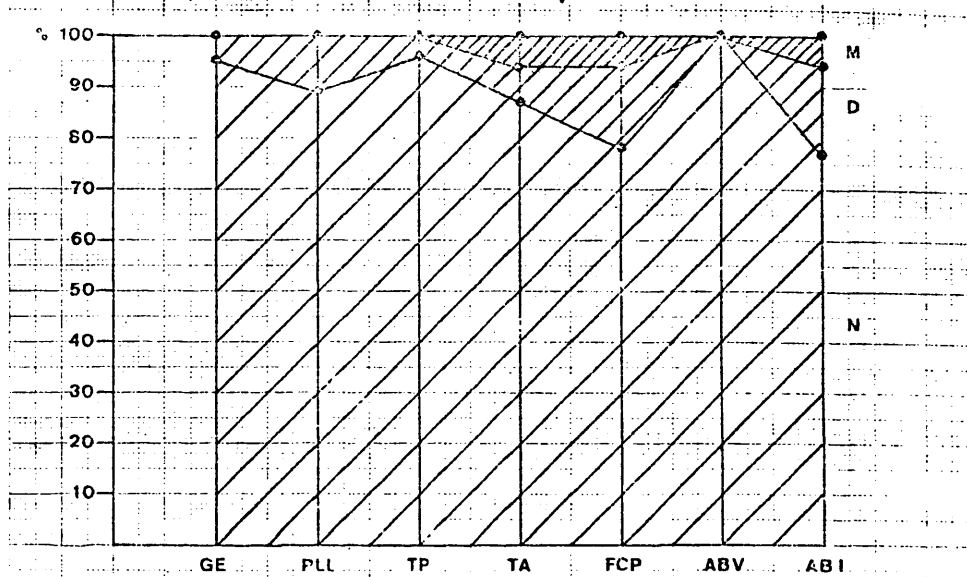


PENDIENTE (1 PIE)

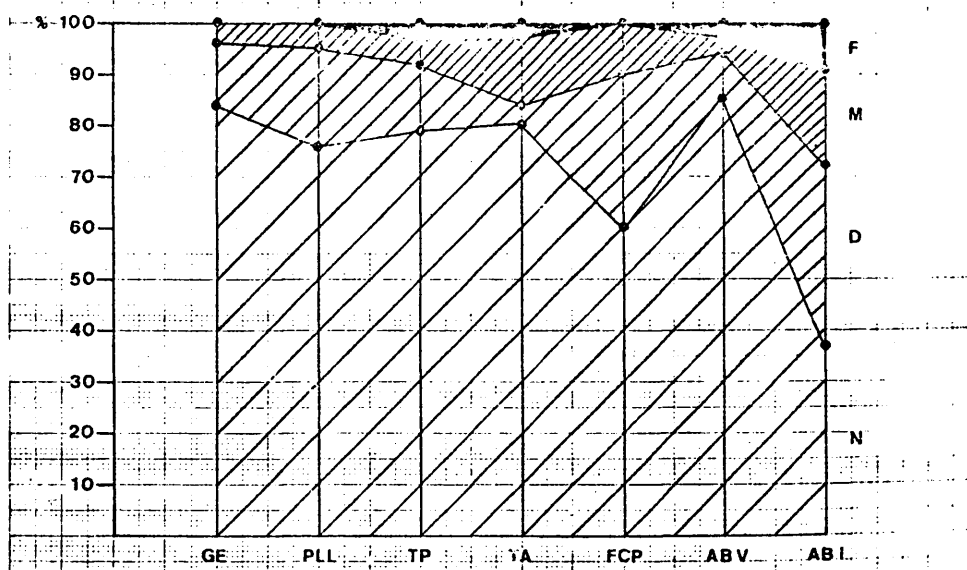


GRAFICAS 19 y 20

I. MEDIAL (2 PIES)



J. MEDIAL (1 PIE)



actividad al pasar del apoyo bipodal al unipodal - con la única excepción del músculo tibial anterior.

III. Pendiente (Gráficas 19 y 20)

- a) Con apoyo sobre ambos pies el músculo abductor del dedo gordo alcanza un porcentaje de actividad del 23%, seguido del flexor corto plantar que llega al 20%.
- b) Con apoyo sobre un pie se produce de una parte una actividad del 60% del abductor del dedo gordo y por otra un gran aumento así mismo en la acción del músculo gemelo externo que va alcanzar aquí y en la posición de inclinación lateral su más alto pico de actividad.

Si efectuamos los músculos tibial anterior y abductor del quinto dedo los demás músculos se contraen apreciablemente en esta posición que es después de la inclinación lateral aquella en la que en general desarrolla más actividad los músculos explorados.

IV. Inclinación medial (Gráficas 21 y 22)

- a) Con apoyo sobre dos pies destaca la actividad de los músculos abductor del dedo gordo y flexor corto plantar (20 al 23%) contrastando con la ausencia total de la misma en el músculo abductor del quinto dedo.
- b) Con apoyo sobre un pie se produce un aumento general y uniforme en la actividad de todos los músculos de la serie destacando no obstante y de nuevo los dos músculos anteriormente citados, llegando en el caso del abductor del dedo gordo a un porcentaje de actividad del 63%.

Lo mas importante que se observa en ambos histogramas es la gran actividad desarrollada por los músculos abductor del dedo gordo y flexor corto plantar; los músculos intrínsecos pues van a desarrollar un máximo de actividad en la posición de mayor requerimiento para el arco interno, cual es la de inclinación medial.

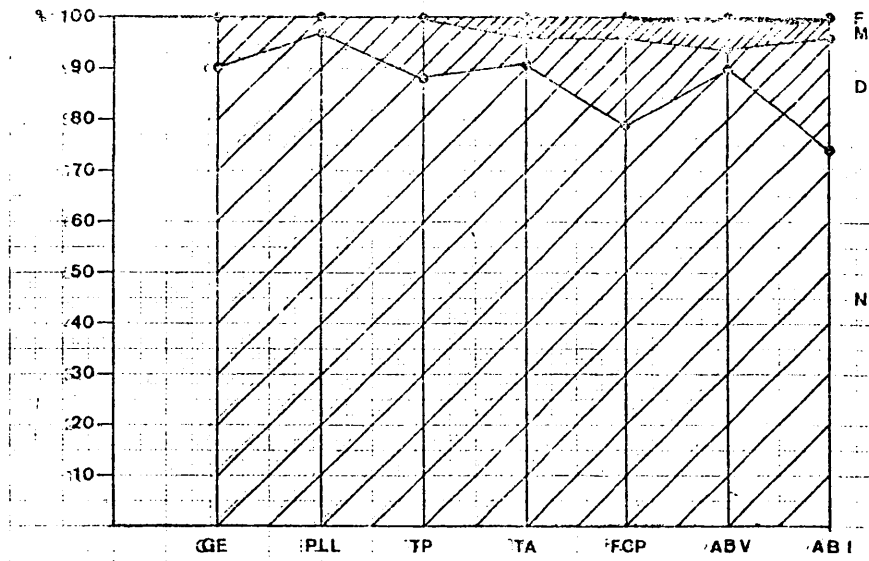
V. Inclinación lateral (gráficas 23 y 24)

a) Con apoyo sobre ambos pies se aprecia, al igual que en inclinación medial una mayor actividad de los músculos abductor del dedo gordo y flexor corto plantar que en los restantes, si bien en casi todos se produce un grado apreciable de respuesta eléctrica, especialmente por parte del tibial posterior.

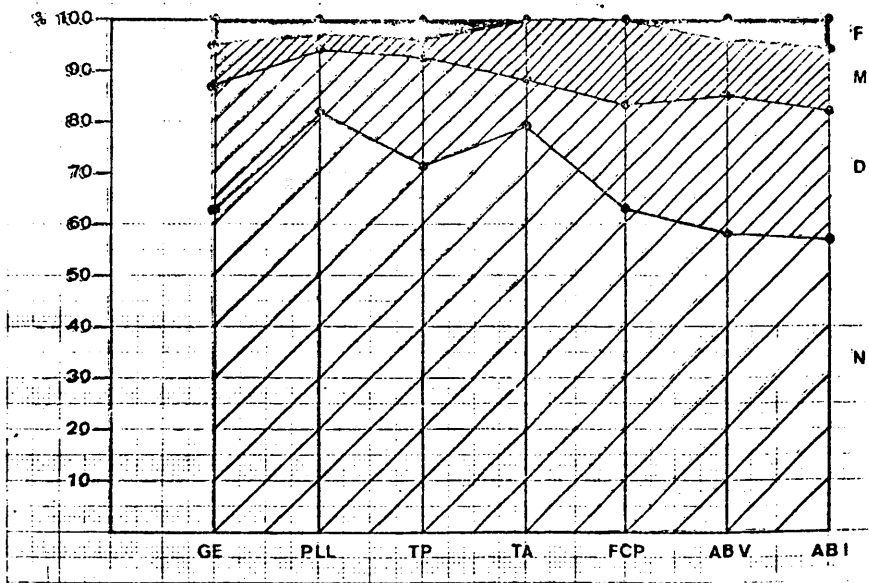
b) Con apoyo sobre un pie los músculos explorados van a desarrollar en su conjunto una máxima actividad, destacando junto al acostumbrado aumento de respuesta por parte de los músculos abductor del dedo gordo y flexor corto plantar, el experimentado por los músculos abductor del quinto dedo y gemelo externo.

En general, los músculos intrínsecos van a mantener una respuesta uniformemente mas baja que los intrínsecos, entre los que destaca el abductor del quinto dedo que unicamente en dicha posición va a mantener unos niveles de actividad parejos a los de los otros dos músculos intrínsecos explorados. Tambien es digna de consideración la actividad desplegada por el músculo gemelo externo (en la línea de la desarrollada en pendiente) y que creemos se debe sobre todo a una función de equilibrio corporal.

I. LATERAL (2 PIES)



II. LATERAL (1 PIE)



2º Valoración cuantitativa de los resultados

I. Definición de la unidad

El método anteriormente seguido de valoración de resultados nos permite llegar a una serie de conclusiones - mas o menos aproximadas y en algun caso claras, como - por ejemplo el aumento de actividad muscular al pasar del apoyo bipodal al unipodal, o bien la mayor actividad desarrollada por el músculo abductor del dedo gordo. Sin embargo existen en nuestra opinión dos lagunas importantes por rellenar cuales son: 1ª la imposibilidad de comprobar estadísticamente dichos datos y 2ª el no poder comparar analíticamente unos datos con otros.

Es por esto por lo que, como ya indicábamos al comienzo de este apartado, pensamos en las ventajas que podría reportar el conseguir una metódica que nos permitiera cuantificar los hallazgos electromiográficos, con lo que podíamos solucionar los inconvenientes anteriormente expuestos al tiempo de evitar las calificaciones mas o menos vagas referidas a las contracciones musculares. Ahora bien, es evidente que necesitábamos una base de partida identificable con las denominaciones clásicas para, como ya exponíamos anteriormente, - huir de una pretendida originalidad en el método que, en realidad, no hiciera sino contribuir a hacer más - confusa la valoración de los datos. Así, este método - no serviría sino para poder dar más exactitud a los resultados y simplificar la expresión de los mismos.

¿Cuál ha sido el camino seguido para llegar a definir la unidad?. Basándonos en los registros electromiográficos a los que habíamos asignado el valor de débiles, hemos procedido a efectuar la medición de spike/centímetro

tro por medio de un muestreo estadísticamente válido de todos los registros obtenidos. ¿Por qué hemos elegido dicho método para definir la unidad de contracción? Fundamentalmente porque si bien entre los datos incluidos en la casuística figuran los referentes a intensidad y duración, así como a la forma del trazado electromiográfico, realmente a nosotros no nos va a interesar para el objeto del presente estudio sino la frecuencia con que se produce dicha contracción como signo de una mayor o menor actividad muscular en una determinada fase experimental. Los demás datos antes mencionados los hemos utilizado para comprobar el adecuado funcionalismo del músculo y desechar posibles estados patológicos. Quede pues bien claro que la unidad hallada va a ser una unidad de frecuencia de contracción, sin interesarnos especialmente la intensidad y duración de los spikes que, genéricamente, ya queda reflejada en la clasificación previa de nulos, débiles, moderados y fuertes en que se han dividido los registros.

Una vez realizada la distribución estadística del muestreo a que hemos hecho referencia anteriormente obtuvimos las siguientes medias:

- a) Para el trazado en reposo (o nulo): 0 agujas por cm.
- b) Para el trazado simple (o débil): $6,10 \pm 0,55$ agujas por cm.
- c) Para el trazado intermedio (o moderado): $12,23 \pm 0,74$ agujas por cm.
- d) Para el trazado interferencial (o fuerte): $20,42 \pm 1,12$ agujas por cm.

Estos valores quedan reducidos a 0, 1, 2 y 3,4, obte -

niendo un cociente general de todos ellos y con unos márgenes de error, debidos a la incertidumbre de la unidad que no sobrepasan el 9%, el 6,7% y el 5,6% respectivamente.

En resumen, una vez obtenidos estos valores hemos procedido a asignar a todos los registros de trazado simple el valor 1, a los de trazado intermediario el valor 2 y a los de trazado interferencial el valor 3,4, quedando el valor cero para designar los trazados en reposo o nulos. Este es el método que proponemos, basado en la cuantificación de spikes por centímetro con objeto de hallar la unidad de equivalencia numeral de las contracciones musculares registradas en el trazado electromiográfico.

II. Agrupación estadística de los resultados

En la tabla XV hemos agrupado los parámetros estadísticos de los valores de actividad muscular, utilizando ya las equivalencias descritas; a partir de la agrupación de resultados que quedó reflejada en las tablas I a VII han sido hallados para cada músculo y en cada posición, el valor medio, desviación típica y desviación estándar.

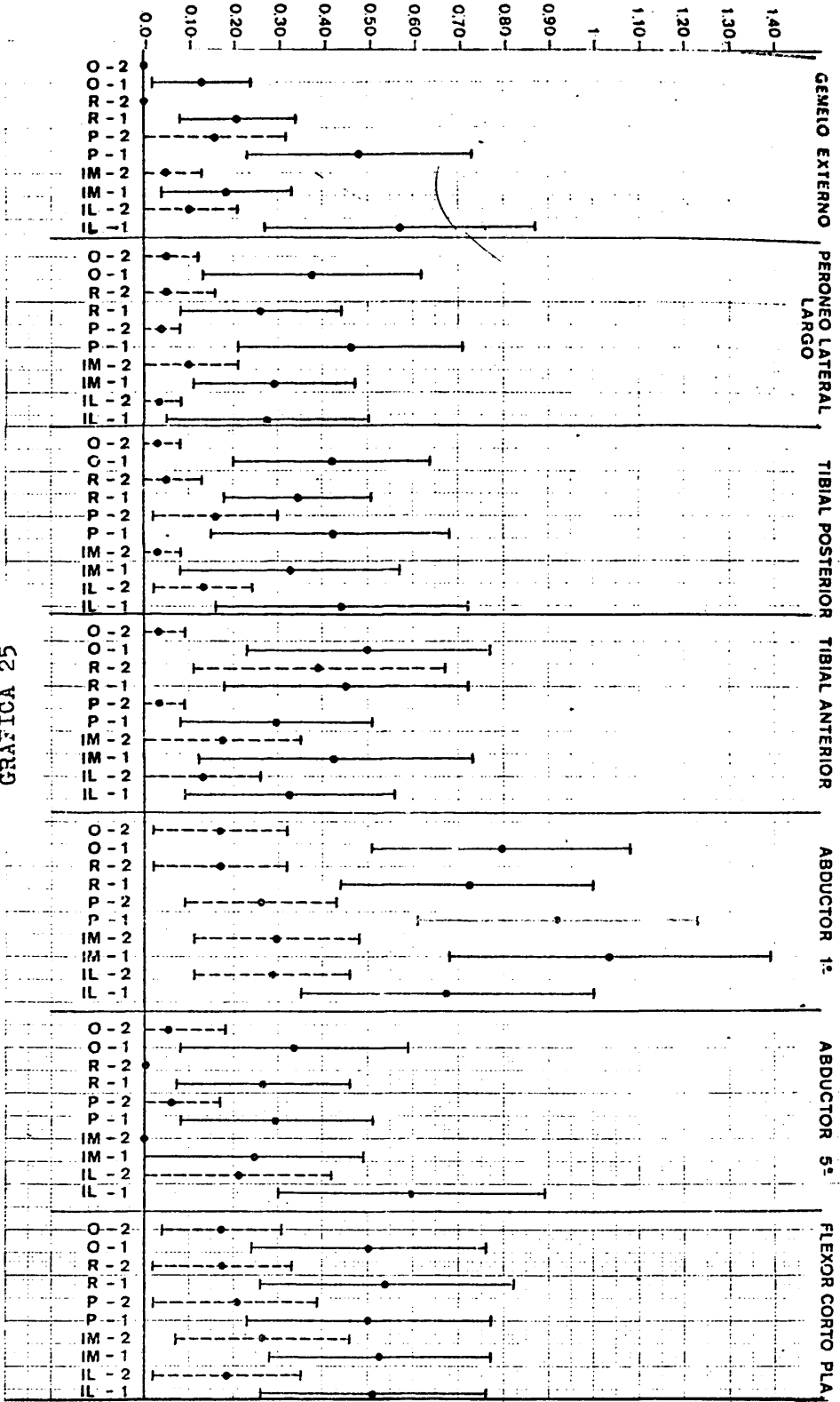
A partir del valor medio obtenido para cada posición (\bar{x}) y añadiendo el doble de la desviación estándar (2 DS), hemos obtenido los límites superior e inferior de confianza de las distintas actividades desarrolladas por los músculos, con un 95% de posibilidades de certeza. Todo ello ha sido representado en la gráfica

25.

	ORTOSTATISMO		RAMPA		PENDIENTE		INCL. MEDIAL		INCL. LATERAL	
	2P	1P	2P	1P	2P	1P	2P	1P	2P	1P
GE	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
0	38	33	38	30	34	24	36	32	34	24
1	0	5	0	8	2	11	2	5	4	9
2	0	0	0	0	2	2	0	1	0	3
3,4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
x		0,1315		0,2105	0,1578	0,4842	0,0526	0,1842	0,1052	0,5736
σ		0,3426		0,4131	0,4946	0,7649	0,2262	0,4565	0,3109	0,9243
Ds		0,0556		0,0670	0,0802	0,1241	0,0367	0,0741	0,0504	0,1499
PLL	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
0	36	26	37	30	37	26	34	29	37	31
1	2	7	0	6	1	8	4	7	1	5
2	0	2	1	2	0	3	0	2	0	1
3,4	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
x	0,0526	0,3789	0,0526	0,2631	0,0263	0,4578	0,1052	0,2894	0,0263	0,2736
σ	0,2262	0,7552	0,3244	0,5543	0,1621	0,7984	0,3109	0,5650	0,1621	0,6918
Ds	0,0367	0,1225	0,0526	0,0899	0,0263	0,1295	0,0504	0,0917	0,0263	0,1122
TP	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
0	37	26	36	26	33	27	37	30	33	27
1	1	8	2	11	4	9	1	5	5	8
2	0	4	0	1	1	0	0	2	0	1
3,4	0	0	0	0	0	2	0	1	0	2
z	0,0263	0,4210	0,0526	0,3421	0,1578	0,4157	0,0263	0,3263	0,1315	0,4421
σ	0,1621	0,6630	0,2262	0,5340	0,4365	0,8310	0,1621	0,7445	0,3426	0,8551
Ds	0,0263	0,1108	0,0367	0,0866	0,0708	0,1348	0,0263	0,1208	0,0556	0,1403
TA	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
0	33	23	26	23	33	27	30	27	31	27
1	1	5	4	8	1	4	2	1	2	3
2	0	6	3	2	0	5	2	5	1	4
3,4	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
x	0,0294	0,5000	0,3941	0,4529	0,0294	0,2941	0,1764	0,4235	0,1176	0,3235
σ	0,1714	0,7881	0,8216	0,7898	0,1714	0,6290	0,5204	0,8954	0,4093	0,6840
Ds	0,0294	0,1352	0,1409	0,1355	0,0294	0,1079	0,0892	0,1536	0,0702	0,1173
A20	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
0	30	16	30	19	27	14	27	13	26	20
1	4	10	4	6	7	11	6	12	8	9
2	1	9	1	10	1	9	2	7	1	4
3,4	0	0	0	0	0	1	0	3	0	2
x	0,1714	0,8000	0,1714	0,7428	0,2571	0,9257	0,2857	0,0342	0,2857	0,6800
σ	0,4527	0,3331	0,4527	0,8859	0,5054	0,9166	0,5724	0,0465	0,5185	0,9691
Ds	0,0765	0,1408	0,0765	0,1497	0,0854	0,1549	0,0689	0,1769	0,0876	0,1638
A35	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
0	33	26	34	27	33	27	34	29	31	20
1	0	6	0	5	0	4	0	3	1	9
2	1	1	0	2	1	3	0	1	1	4
3,4	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1
x	0,0588	0,3352		0,2647	0,0588	0,2941		0,2470	0,1882	0,6000
σ	0,3429	0,7331		0,5671	0,3429	0,6290		0,7067	0,6821	0,8584
Ds	0,0588	0,1257		0,0973	0,0588	0,1079		0,1212	0,1170	0,1472
FGP	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
0	26	22	29	21	29	23	27	20	27	20
1	6	7	4	9	3	5	5	10	4	7
2	0	5	1	3	2	6	2	4	1	5
3,4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
x	0,1764	0,5000	0,1764	0,5411	0,2058	0,5000	0,2647	0,5244	0,1875	0,5312
σ	0,4365	0,7487	0,4365	0,8278	0,5382	0,7881	0,5671	0,7064	0,4709	0,7613
Ds	0,0664	0,1284	0,0786	0,1419	0,0923	0,1352	0,0973	0,1211	0,0832	0,1346

TABLA XV.- Agrupación estadística de los resultados obtenidos (valor medio, desviación típica y desviación-estándar).

GRAFICA 25



Antes de pasar al análisis de la significación estadística de los resultados, haremos unas consideraciones generales derivadas de la observación simple de dicha gráfica. En primer lugar se objetivan las características principales de la actividad de cada músculo y su comparación con los demás, y en este sentido observamos como desde un punto de vista genérico podríamos subdividir en cuatro diferentes alturas (correspondiente a otros tantos grados medios de actividad) la citada gráfica: - primero, con el grado mas elevado de actividad, el músculo abductor del dedo gordo, cuya actividad media apoyando un solo pie se encuentra por encima de 0,80. Se trata del músculo mas activo de todos los investigados, marcándose mas dicha diferencia de actividad al pasar del apoyo sobre ambos pies al apoyo sobre uno solo.

- En segundo lugar, el músculo flexor corto plantar que se caracteriza por poseer unos niveles de actividad constantes y elevados con respecto a los otros cinco músculos y sin que aumente significativamente su respuesta al pasar de unas posiciones a otras.

- En tercer lugar, los músculos tibial anterior y tibial posterior, con contracciones menos altas que las del músculo anterior y con actividades medias en apoyo unipodal por encima de 0,40.

- Por ultimo, los músculos gemelo externo, peroneo lateral largo y abductor del quinto dedo mantienen los valores más bajos de actividad si bien presentan picos de elevación en algunas posiciones, signo de contracción irregular (como el gemelo externo y el abductor del quinto dedo en inclinación lateral apoyando un so-

lo pie o el peroneo lateral largo en pendiente también sobre un pie).

Al igual que en la observación de los histogramas también podemos comprobar en la gráfica cómo existe una diferencia notable en las respuestas musculares con el sujeto apoyando dos pies y uno solo; en el primer caso aparecen incluso en algunas posiciones contracciones - nulas absolutas (como es el caso de los músculos gemelo externo y abductor del quinto dedo).

III. Análisis de la significación estadística de cada músculo en comparación de grupos.

En las tablas XVI a XXII analizamos la significación estadística de la actividad muscular en sus distintas posiciones por medio de la comparación de grupos mediante la "t" de Student. A partir de los datos contenidos en estas tablas hemos revisado en cada músculo: a) las diferencias de actividad entre el apoyo sobre dos pies y sobre uno; b) posiciones de máxima actividad y c) características especiales en caso de existir.

1. M. Gemelo externo (tabla 16)

a) Mediante el cálculo de la "t" de Student (según se ha indicado), es decir con un 95% de posibilidades de certeza, es significativa la diferencia en todas las posiciones exploradas cuando el sujeto apoyando ambos pies con respecto a aquellas en que apoyaba solo uno, a favor de estas últimas, y con la única excepción de las posiciones de inclinación lateral

TABLA XVI.- Análisis de la significación estadística del músculo Gemelo externo en comparaciones de grupo mediante la "t" de Student.

O-1	2,3651								
R-2	0	2,3651							
R-1	3,1418	0,9070	3,1418						
P-2	1,9725	0,27	1,9725	0,5048					
P-1	3,9048	2,5934	3,9048	1,9411	2,2114				
IM-2	1,4611	1,19	1,4611	2,0749	1,1914	3,3406			
IM-1	2,4858	0,5685	2,4858	0,2630	0,2422	2,0761	1,5971		
IL-2	2,1040	0,3516	2,1040	1,2596	0,5549	2,8347	0,8429	0,8837	
IL-1	3,8240	2,7631	3,8240	2,21	2,4459	0,4594	3,3787	2,3317	2,9627
	O-2	O-1	R-2	R-1	P-2	P-1	IM-2	IM-1	IL-2

TABLA XVII.- Análisis de la significación estadística del músculo Peroneo lateral largo en comparaciones de grupo mediante la "t" de Student.

O-1	2,5572								
R-2	0	2,4460							
R-1	2,1723	0,7623	2,0260						
P-2	0,5884	2,8163	0,4450	2,5245					
P-1	3,0126	0,4425	2,9026	1,2370	3,2640				
IM-2	0,8429	2,0703	0,7225	1,5345	1,3965	2,5385			
IM-1	2,4065	0,5853	2,2382	0,2048	2,7608	1,0611	1,7644		
IL-2	0,5884	2,8163	0,4450	2,5245	0	3,2640	1,3965	2,7608	
IL-1	1,8761	0,6340	1,7823	0,0730	2,1448	1,0747	1,3713	0,1090	0,1153
	O-2	O-1	R-2	R-1	P-2	P-1	IM-2	IM-1	IL-2

sobre ambos pies y de pendiente en relación con la de ortostatismo-2. (1).

b) Las posiciones en las que se detecta una actividad significativamente distinta de las restantes son -

las de inclinación lateral-1 y pendiente-1; dicha significación se manifiesta también en la comparación con las posiciones de apoyo unipodal.

c) Las cifras más significativas van a provenir de la comparación entre pendiente-1 y ortostatismo-2 y -rampa-2 (para ambas es de 3,9048), así como entre inclinación lateral-1 y las mismas posiciones anteriores (para ambas es de 3,8240). Aclararemos que para los grados de libertad utilizados en todos - los análisis efectuados mediante la "t" de Student -y que en el caso de este músculo es de 74-, consideramos como cifras significativas todas aquellas superiores a 2.

2. M. Peroneo lateral largo (tabla 17)

a) Se pueden considerar como significativamente distintas las actividades musculares desarrolladas - cuando el sujeto apoya dos pies de cuando apoya solo uno, excepción hecha de la posición de inclinación lateral-1 inclinación medial-2 (esta con rampa-1 inclinación medial-1).

(1) A lo largo de éste capítulo resumiremos las denominaciones con el nombre de la posición seguida de - un guión y la cifra 2 ó 1 según se trate de apoyo sobre dos pies o sobre uno.

b) Las diferencias mas significativas se van a producir en las relaciones en que intervenga la posición de pendiente-1, especialmente al compararla con pendiente-2 (3,2640), con inclinación lateral-2 (3,2640) y con ortostatismo-2 (3,0126).

3. M. Tibial posterior (tabla 18)

a) Si bien en general se mantiene la significación entre las posiciones con apoyo sobre ambos pies y con apoyo sobre un solo pie, se aprecia en este músculo como dicha característica está menos acentuada como lo demuestran las relaciones entre rampa-1 y pendiente-2, pendiente-1 y pendiente-2, etc., hasta un total de seis excepciones constituidas todas ellas a expensas de la comparación entre diversas posiciones y las de pendiente-2 e inclinación lateral-2.

TABLA XVIII.- Análisis de la significación estadística del músculo Tibial posterior en comparaciones de grupo mediante la "t" de Student.

O - 1	3,4623									
R - 2	0,5884	3,1595								
R - 1	3,4895	0,5608	3,0864							
P - 2	1,7440	2,0015	1,3150	1,6485						
P - 1	2,8341	0,0304	2,6010	0,4591	1,6934					
IM - 2	0	3,4623	0,5884	3,4895	1,7440	2,8341				
IM - 1	2,4272	0,5785	2,1722	0,1063	1,2036	0,4945	2,4272			
IL - 2	1,7078	2,3347	1,19	2,0466	0,2922	1,9479	1,7078	1,4647		
IL - 1	2,9489	0,1189	2,7143	0,6120	1,8283	0,1366	2,9489	0,63	2,0804	
	O-2	O-1	R-2	R-1	P-2	P-1	IM-2	IM-1	IL-2	

b) Las cifras mas significativas se van a dar en la -
comparación entre rampa-1 con ortostatismo-2 e in -
clinación medial-2 (3,4895), y entre ortostatismo-1
con ortostatismo-2 e inclinación medial-2 (3,4623).

c) Destaca en este músculo la actividad producida en -
la posición de pendiente-2 que, practicamente, no -
va a darnos diferencias significativas al compararse
con las posiciones de apoyo unipodal exceptuando
ortostatismo-1, y aún en este caso con muy escaso -
margen de confianza (2,0015).

4. M. Tibial anterior (tabla 19)

a) Este músculo podemos decir que se comporta con cier -
ta anarquía en sus respuestas electromiográficas, -
incumpliendo la tónica generalizada de diferencias
significativas entre las actividades musculares de-

TABLA XIX.- Análisis de la significación estadística del
músculo Tibial anterior en comparaciones de
grupo mediante la "t" de Student.

O-1	3,4052												
R-2	2,5362	0,5428											
R-1	3,0578	0,2462	0,3009										
P-2	0	3,4052	2,5362	3,0578									
P-1	2,3678	1,1909	0,5637	0,9169	2,3678								
IM-2	1,5672	2	1,3059	1,7057	1,5672	0,8407							
IM-1	2,5230	0,3743	0,1411	0,1437	2,5230	0,6898	1,3929						
IL-2	1,1590	2,5108	1,7567	2,1972	1,1590	1,3703	0,5181	1,8122					
IL-1	2,4348	0,9870	0,3852	0,7225	2,4348	0,2326	0,9986	0,5179	1,5062				
	O-2	O-1	R-2	R-1	P-2	P-1	IM-2	IM-1	IL-2				

tectadas sobre dos pies y sobre uno; además, en varios casos se establecen diferencias significativas entre distintas posiciones sobre dos pies como es el caso de rampa-2 con ortostatismo-2 (2,5362) y con pendiente-2 (2,5362).

- b) Las diferencias de actividad mas significativas van a ocurrir en las comparaciones entre ortostatismo-1 con ortostatismo-2 y pendiente-2 (3,4052) y entre rampa-1 con ortostatismo-2 y pendiente-2 asi mismo (3,0578).
- c) Lo mas destacable en las respuestas del músculo tibial anterior es la gran actividad que se produce en la posición de rampa-2, que ya fue comentada anteriormente; tambien es de destacar la escasa actividad en las posiciones de pendiente e inclinación lateral sobre un pie.

5. M. Abductor del dedo gordo (tabla 20)

- a) Este músculo se puede considerar como prototipo en cuanto a la comparación entre las actividades desarrolladas con el sujeto apoyando ambos pies o uno solo, ya que la totalidad de dichas comparaciones arroja cifras significativas.
- b) Referente a cual de dichas comparaciones es mas significativa hay que señalar cómo casi en su totalidad estas son muy elevadas, como lo prueba el hecho de que exceptuando cinco todas las demas estan por encima de 2,800; de entre ellas destacan las comparaciones efectuadas entre inclinación medial-1 y ortostatismo-2 (4,4798) así como con rampa-2 (4,4792) y entre pendiente-1 con ortostatismo-2 (4,3702) y con rampa-2 (4.3702).

c) Es destacable el hecho de que la posición de inclinación medial-1 mantiene en todas las comparaciones con las demás posiciones una cifra significativa - por encima de 3,7000.

6. M. Flexor corto plantar (tabla 21)

a) Dado que las cifras de actividad muscular cuando el sujeto apoya ambos pies son, en general elevadas, - vamos a observar como en inclinación medial-2 no - existe ninguna diferencia significativa en relación con las posiciones unipodales, en tanto que en pendiente-2 va a ocurrir prácticamente lo mismo exceptuando la comparación con inclinación medial-1 inclinación lateral-1 que arroja una cifra significativa de 2,1248 y 2,0149, como se ve mas bien bajas.

b) De la observación comparativa de unas posiciones con otras se deduce que son moderadas las cifras significativas, expresión de un aumento discreto de actividad al pasar de dos pies a uno como ya se ha comentado en el párrafo anterior. Entre las cifras significativas mas altas destacan las que derivan de la comparación entre inclinación medial-1 con ortostatismo-2 (2,5543) y con rampa-2 (2,4422) y entre inclinación lateral-1 y ortostatismo-2 (2,4087).

c) Pesiblemente el aspecto más significativo de la actividad de este músculo sea la igualdad existente - entre todas las actividades con apoyo bipodal entre sí y con apoyo sobre un solo pie así mismo entre sí; de hecho estamos frente al músculo con una actividad más uniforme entre todos los explorados.

TABLA XX.- Análisis de la significación estadística del músculo Abductor primer dedo en comparaciones de grupo mediante la "t" de Student.

O - 1	<u>3,9208</u>									
R - 2	0	<u>3,9214</u>								
R - 1	<u>3,3971</u>	0,2785	<u>3,3971</u>							
P - 2	0,7491	<u>3,2983</u>	0,7491	<u>2,8189</u>						
P - 1	<u>4,3702</u>	0,6009	<u>4,3702</u>	0,8491	<u>3,7795</u>					
IM - 2	0,9278	<u>3,0111</u>	0,9278	<u>2,5637</u>	0,2220	<u>3,5088</u>				
IM - 1	<u>4,4798</u>	1,0363	<u>4,4792</u>	1,2577	<u>3,9567</u>	0,4615	<u>3,7165</u>			
IL - 2	0,9845	<u>3,1019</u>	0,9845	<u>2,636</u>	0,2337	<u>3,5955</u>	0	<u>3,7956</u>		
IL - 1	<u>2,8131</u>	0,5561	<u>2,8131</u>	0,283	<u>2,2909</u>	1,0905	<u>2,0731</u>	1,4697	<u>2,1233</u>	
	O-2	O-1	R-2	R-1	P-2	P-1	IM-2	IM-1	IL-2	

TABLA XXI.- Análisis de la significación estadística del músculo Abductor del quinto dedo en comparaciones de grupo mediante la "t" de Student.

O - 1	<u>1,9899</u>									
R - 2	0,9949	<u>2,6688</u>								
R - 1	<u>1,8141</u>	0,4434	<u>2,7177</u>							
P - 2	0	1,9899	0,9949	<u>1,8141</u>						
P - 1	<u>1,9161</u>	0,2483	<u>2,7307</u>	2,2025	<u>1,9161</u>					
IM - 2	0,9949	<u>2,6688</u>	0	<u>2,7177</u>	0,9949	<u>2,7307</u>				
IM - 1	<u>1,3993</u>	0,5052	<u>2,0380</u>	0,1140	<u>1,3993</u>	0,2906	<u>2,0380</u>			
IL - 2	0,9901	0,8561	1,6085	0,5036	0,9901	0,6660	1,6085	0,3490		
IL - 1	<u>3,4107</u>	1,3678	<u>4,0733</u>	1,9019	<u>3,4167</u>	1,6771	<u>4,0733</u>	1,8530	<u>2,1928</u>	
	O-2	O-1	R-2	R-1	P-2	P-1	IM-2	IM-1	IL-2	

7. M. Abductor del quinto dedo (tabla 22)

- a) Las posiciones de ortostatismo-2, pendiente-2 e inclinación lateral-2 no van a presentar una actividad significativamente diferente respecto a todas las exploradas con apoyo sobre un pie (exceptuando inclinación lateral-1); esta circunstancia se debe tanto a la actividad real en las citadas posiciones (especialmente en inclinación lateral-2) como a la relativamente pobre actividad de las posiciones unipodales, solamente superior a la de los músculos gemelo externo y peroneo lateral largo.
- b) Al producirse unas respuestas nulas absolutas en rampa-2 e inclinación medial-2 (recordemos como solamente se va a repetir esta circunstancia en el músculo gemelo externo) va a ser de la comparación de estas

TABLA XXII.- Análisis de la significación estadística del músculo Flexor corto plantar en comparación de grupo mediante la "t" de Student.

O - 1	2,2394									
R - 2	0,0010	2,1481								
R - 1	2,3304	0,2148	2,2492							
P - 2	0,2590	1,8608	0,2417	1,9793						
P - 1	2,1487	0	2,0711	0,2098	1,7972					
IM - 2	0,7496	1,4624	0,7067	1,6070	0,4392	1,4141				
IM - 1	2,5543	0,1665	2,4422	0,0627	2,1248	0,1622	1,7055			
IL - 2	0,1049	2,0135	0,0962	2,1136	0,1466	1,9386	0,5994	2,3008		
IL - 1	2,4087	0,1677	2,3092	0,0505	2,0149	0,1634	1,6191	0,01	2,1739	
	O-2	O-1	R-2	R-1	P-2	P-1	IM-2	IM-1	IL-2	

posiciones con las demas de la que se va a obtener diferencias más significativas de actividad, especialmente en la relación con la posición más activa, es decir con inclinación lateral-1 (4,0733 y 4,0733).

- c) Como ya se puso anteriormente este músculo mantiene unos niveles de actividad uniformemente bajos con un pico pronunciado en la posición de inclinación lateral-1 conforme con su topografía anatómica.

IV. Análisis de la significación estadística de cada posición explorada en comparación de grupos.

En las tablas XXIII a XXVII analizamos la significación estadística de cada una de las posiciones experimentales en las que se ha estudiado la actividad muscular; igualmente que con los músculos realizaremos dicho análisis por medio de la comparación de grupos mediante la "t" de Student. Estudiaremos en cada posición la comparación de actividades con apoyo sobre dos pies en primer lugar, seguida de la comparación con apoyo sobre un pie.

1. Ortostatismo sobre plano horizontal (tabla 23)

- a) Con apoyo sobre dos pies se puede decir que solamente alcanza niveles de actividad significativamente diferentes el músculo flexor corto plantar especialmente al relacionarle con el gemelo externo (2,8269) debido al hecho ya reseñado de ser absolutamente nula la actividad de este último. Junto con el anterior, el músculo abductor del dedo gordo es el único en tener una cifra significati-

TABLA XXIII. Análisis de la significación estadística de la actividad en ortostatismo en comparaciones de grupos mediante la "t" de Student.

PLL	1,4611					
TP	0,9962	0,5884				
TA	1,0426	0,4843	0,0801			
ABD	<u>2,3351</u>	1,4313	1,8579	1,7108		
AB5º	1,0576	1,3835	0,5208	0,4489	1,1620	
FCP	<u>2,8269</u>	1,6866	<u>2,1912</u>	<u>2,0192</u>	0,0493	1,3243
	GE	PLL	TP	TA	ABD	AB5º

ORTOSTATISMO - 2

PLL	1,8394					
TP	<u>2,3347</u>	0,2548				
TA	<u>2,6190</u>	0,6658	0,4561			
ABD	<u>4,5507</u>	<u>2,2640</u>	<u>2,1328</u>	1,5353		
AB5º	1,5362	0,2487	0,5147	0,8927	<u>2,4502</u>	
FCP	<u>2,7317</u>	0,6826	0,4680	0	1,5732	0,9171
	GE	PLL	TP	TA	ABD	AB5º

ORTOSTATISMO - 1

va de actividad respecto a los demás, con la única excepción del músculo peroneo lateral largo.

En general, en esta posición las respuestas electromiográficas han sido tan bajas que con la excepción apuntada de los dos músculos anteriormente mencionados apenas pueden considerarse el resto de las respuestas musculares.

- b) Con apoyo sobre un pie podemos destacar tres circunstancias: 1. Por una parte el habitual aumento significativo de actividad del abductor del dedo gordo (significativo respecto a los demás músculos con las excepciones del flexor corto plantar y tibial anterior); 2. La aparición de actividad significativa en músculos que, prácticamente eran mudos al explorarles en apoyo bipodal (como el tibial posterior y tibial anterior); 3. La habitual retracción relativa en la actividad del flexor corto plantar que, al pasar el sujeto del apoyo sobre dos pies al de sobre uno, no mantiene proporcionalmente el mismo nivel de actividad; 4. La comparación que arroja una diferencia significativa más alta la proporciona la relación entre el abductor del dedo gordo con el gemelo externo (4,5507) sin que en los restantes casos se alcancen diferencias tan marcadas.

2. Rampa (tabla 24)

- a) Sobre ambos pies la característica más notable viene representada por la actividad del músculo tibial anterior el cual, exceptuando los músculos abductor del dedo gordo y flexor corto plantar, se muestra significativamente distinto de todos los -

TABLA XXIV. Análisis de la significación estadística de la actividad en rampa en comparaciones de grupos mediante la "t" de Student.

PLL	0,9943					
TP	1,4611	0				
TA	<u>2,9632</u>	<u>2,3682</u>	<u>2,4657</u>			
ABD	<u>2,3351</u>	1,2969	1,4313	1,4006		
AB5º	0	0,9460	1,3592	<u>2,8010</u>	<u>2,2145</u>	
FCP	<u>2,3819</u>	1,3366	1,4821	1,3499	0,0466	<u>2,2427</u>
	GE	PLL	TP	TA	ABD	AB5º

RAMPA - 2

PLL	0,4688					
TP	1,2018	0,6330				
TA	1,6580	1,1915	0,7039			
ABD	<u>3,3979</u>	<u>2,7987</u>	<u>2,3612</u>	1,4337		
AB5º	0,4668	0,0121	0,5972	1,1290	<u>2,6605</u>	
FCP	<u>2,1807</u>	1,6920	1,2254	0,4495	0,9763	1,6070
	GE	PLL	TP	TA	ABD	AB5º

RAMPA - 1

TABLA XXV. Análisis de la significación estadística de la actividad en pendiente en comparaciones de grupo mediante la "t" de Student.

PLL	1,5618					
TP	0	1,7440				
TA	1,4362	0,0801	1,6050			
ABD	0,8487	<u>2,6651</u>	0,8995	<u>2,4858</u>		
AB5º	0,9763	0,5208	1,0622	0,4489	1,8994	
FCP	0,3947	1,9596	0,4181	1,8204	0,4084	1,3425
	GE	PLL	TP	TA	ABD	AB5º

PENDIENTE - 2

PLL	0,1472					
TP	0,3737	0,2254				
TA	1,1445	0,9584	0,6941			
ABD	<u>2,2423</u>	<u>2,3313</u>	<u>2,4951</u>	<u>3,3295</u>		
AB5º	1,1445	0,9584	0,6941	0	<u>3,3295</u>	
FCP	0,0863	0,2253	0,4407	1,1909	<u>2,0655</u>	1,1909
	GE	PLL	TP	TA	ABD	AB5º

PENDIENTE - 1

demás, con cifras más elevadas al compararse con el gemelo externo (2,9632) y con el abductor del quinto dedo (2,8010).

b) Sobre un pie solamente tiene cierto interés el aumento en la actividad del músculo abductor del dedo gordo cuya cifra de comparación más significativa va a producirse al compararle con el músculo gemelo externo (3,3979); se observa también el descenso proporcional en la actividad del músculo tibial anterior y, como casi siempre, del flexor corto plantar.

3. Pendiente (tabla 25)

a) Sobre dos pies la actividad muscular se va a mostrar sensiblemente igualada, ofreciéndonos cifras entre las más altas dentro de las que se producen con apoyo bipodal; por esta razón únicamente el músculo abductor del dedo gordo, y en su relación con el peroneo lateral largo y tibial anterior, va a ofrecernos una diferencia significativa estadísticamente.

b) Sobre un pie es muy interesante la observación de la tabla correspondiente, pues en ella se aprecia claramente como esta posición es prototipo de la actividad del músculo abductor del dedo gordo, tanto o más incluso que en inclinación medial-l, al ser su actividad significativamente distinta de todos los demás músculos, con cifras incluso de 3,3295 (en su relación con los músculos tibial anterior y abductor del quinto dedo), que son tanto más expresivas por cuanto que, en general, en

dicha posición la actividad de casi todos los músculos es apreciable.

4. Inclinación medial (tabla 26)

a) Sobre dos pies la actividad de los músculos abductor del gordo y flexor corto plantar es muy elevada hasta igualarse con gran parte de la que desarrollan los demás músculos cuando el sujeto apoya un solo pie; esto va a implicar que sus actividades sean significativamente diferentes de las de los músculos gemelo externo, tibial posterior y abductor del quinto dedo, especialmente en la relación entre el abductor del gordo y el del quinto (2,9183), ya que este tiene una respuesta electromiográfica nula.

b) Sobre un pie, practicamente va a ocurrir lo mismo que ya anotábamos en la posición de pendiente -1, con la única diferencia de que aquí también el músculo flexor corto plantar va a mostrarse significativamente distinto en su actividad comparada con la del gemelo externo.

Por otra parte y como quiera que en ésta posición el músculo abductor del dedo gordo (que es el más activo de la serie) alcanza una mayor actividad electromiográfica, van a darse unas marcadas diferencias con todos los demás músculos (incluido el flexor corto plantar); algunas de ellas tan significativas como las que se derivan de su comparación con el músculo gemelo externo (4,5576) o con el peroneo lateral largo (3,8273).

5. Inclinación lateral

a) Sobre dos pies observamos cómo al ser esta posi-

TABLA XXVI. Análisis de la significación estadística de la actividad en inclinación medial en comparaciones de grupos mediante la "t" de Student.

PLL	0,8429					
TP	0,5884	1,3965				
TA	1,3355	0,7120	1,6903			
ABD	2,3217	1,6917	2,6770	0,8287		
AB5°	1,3592	1,9837	0,9326	1,9732	2,9193	
FCP	2,1210	1,5005	2,4859	0,6694	0,1532	2,7277
	GE	PLL	TP	TA	ABD	AB5°

INCLINACION MEDIAL - 2

PLL	0,8930					
TP	1,0028	0,2434				
TA	1,4512	0,7694	0,5028			
ABD	4,5576	3,8273	3,3486	2,6020		
AB5°	0,4534	0,2827	0,4627	0,9019	3,6512	
FCP	2,4924	1,6	1,1849	0,5420	2,3414	1,6476
	GE	PLL	TP	TA	ABD	AB5°

INCLINACION MEDIAL - 1

TABLA XXVII. Análisis de la significación estadística de la actividad en Inclinación lateral en comparaciones de grupos mediante la "t" de Student.

PLL	1,3965					
TP	0,3516	1,7078				
TA	0,1462	1,2663	0,1565			
ABD	1,825	<u>2,9377</u>	1,5132	1,4929		
AB5°	0,1384	1,4202	0,4529	0,5130	0,6696	
FCP	0,8727	1,9852	0,5749	0,6436	0,8102	0,0048
	GE	PLL	TP	TA	ABD	AB5°

INCLINACION LATERAL - 2

PLL	1,6017					
TP	0,6440	0,9450				
TA	1,2938	0,3073	0,6453			
ABD	0,4804	<u>2,0745</u>	1,1143	1,7614		
AB5°	0,1252	1,7865	0,7809	1,47	0,3626	
FCP	0,2069	1,4830	0,4567	1,1669	0,6947	0,3437
	GE	PLL	TP	TA	ABD	AB5°

INCLINACION LATERAL - 1

TABLA XXVIII. Actividad comparada en ortostatismo sobre plano horizontal mediante el análisis del índice de correlación lineal.

PLL	0,0000					
TP	0,0000	-0,0417				
TA	0,0000	-0,0435	0,0000			
ABD	0,0000	-0,0261	0,0000	-0,0680		
AB5º	0,0000	-0,0422	-0,0244	-0,0303	<u>0,7027</u>	
FCP	0,0000	<u>0,5401</u>	0,0000	-0,0806	<u>0,5022</u>	<u>0,3761</u>
	GE	PLL	TP	TA	ABD	AB5º

ORTOSTATISMO - 2

PLL	0,0333					
TP	0,2188	0,0015				
TA	-0,0138	0,1766	-0,0751			
ABD	0,0875	0,0136	-0,0108	0,2389		
AB5º	0,2134	<u>0,5316</u>	0,0524	-0,0858	0,2573	
FCP	0,0000	0,1227	-0,0931	0,2055	<u>0,4369</u>	0,0718
	GE	PLL	TP	TA	ABD	AB5º

ORTOSTATISMO - 1

TABLA XXIX. Actividad comparada en rampa mediante el análisis del índice de correlación lineal.

PLL	0,0000					
TP	0,0000	-0,0387				
TA	0,0000	0,0000	0,2847			
ABD	0,0000	0,0000	0,1812	0,0247		
AB5°	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
FCP	0,0000	0,0000	-0,0976	0,0440	0,2797	0,0000
	GE	PLL	TP	TA	ABD	AB5°

RAMPA - 2

PLL	-0,0969					
TP	0,2772	-0,0915				
TA	-0,0691	0,2891	0,0193			
ABD	0,0471	0,1249	0,1863	-0,0296		
AB5°	0,0627	0,1864	0,3808	0,2189	0,2555	
FCP	-0,1180	0,0601	0,0032	0,084	0,2605	0,0729
	GE	PLL	TP	TA	ABD	AB5°

RAMPA - 1

ción (tanto sobre 2 o sobre un pie) aquella en que existe una mayor actividad muscular global, no se aprecian apenas diferencias significativas; señalemos en todo caso las del abductor del dedo gordo - con el peroneo lateral largo o del flexor corto - plantar con el mismo músculo (2,9377 y 1,9852).

b) Sobre un pie va a suceder exactamente lo mismo con la particularidad de que las diferencias serán aún menos marcadas como lo prueba el hecho de que la diferencia de actividad mas significativa sea la del músculo abductor del dedo gordo con el peroneo lateral largo (2,0745).

Como ya dijimos anteriormente la posición de inclinación lateral es aquella en la que mayor respuestas electromiograficas se han obtenido de los músculos explorados de la presente investigación.

V. Comparación de datos mediante el análisis del coeficiente de correlación.

El objeto de este estudio que queda reflejado en las tablas XXVIII a XXXII es el de que una vez que hemos establecido cuales son los músculos mas activos entre los explorados, y en qué posiciones, pretendemos saber si existe una relación lineal significativa ya sea positiva o negativa entre los distintos músculos.

Para ello hemos procedido al cálculo de la denominada "r" de regresión lineal, mediante la cual podemos obtener con un 95% de posibilidades de certeza si existe o no dicha correlación lineal.

TABLA XXX. Actividad comparada en pendiente mediante el análisis del índice de correlación lineal.

PLL	0,2836					
TP	-0,0086	-0,0131				
TA	-0,0643	-0,0303	-0,0560			
ABD	-0,0041	0,2557	-0,0052	-0,0915		
AB5°	-0,0493	-0,0294	-0,0616	-0,0303	-0,6000	
FCP	-0,1133	-0,0676	-0,1208	0,2607	0,0162	0,2607
	GE	PLL	TP	TA	ABD	AB5°

PENDIENTE - 2

PLL	0,0134					
TP	-0,0762	-0,1071				
TA	0,0468	0,1439	0,0643			
ABD	-0,1172	0,1070	-0,2106	0,0247		
AB5°	-0,1621	0,3705	0,0820	0,1577	0,2448	
FCP	-0,0146	0,2649	-0,1765	0,2372	0,1931	0,2445
	GE	PLL	TP	TA	ABD	AB5°

PENDIENTE - 1

TABLA XXXI. Actividad comparada en inclinación medial mediante el análisis del índice de correlación lineal.

PLL	-0,0443					
TP	-0,0407	-0,0607				
TA	-0,0153	-0,0781	-0,0599			
ABD	0,0718	0,0258	-0,0868	-0,1504		
AB5°	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
FCP	0,1559	-0,1358	-0,0760	0,4579	0,2123	0,0000
	GE	PLL	TP	TA	ABD	AB5°

INCLINACION MEDIAL - 2

PLL	-0,0909					
TP	-0,0600	-0,0153				
TA	-0,0938	0,0469	-0,0362			
ABD	0,0741	0,1304	0,0196	-0,1077		
AB5°	0,1765	0,1473	0,3517	0,1552	0,1254	
FCP	-0,1100	0,0264	-0,1129	0,0659	0,2884	0,1166
	GE	PLL	TP	TA	ABD	AB5°

INCLINACION MEDIAL - 1

Vamos a pasar a continuación a revisar brevemente de acuerdo con la observación de las tablas anteriormente citadas en qué posiciones y qué músculos van a presentar una relación (positiva o negativa) significativa:

1. Ortostatismo sobre plano horizontal (tabla XXVIII)

- a) Sobre dos pies es una de las posiciones en las que hallamos una correlación entre mayor número de músculos, con la particularidad de que todos ellos - (con la excepción del peroneo lateral largo en un caso) son músculos intrínsecos, distinguiéndose entre ellos el flexor corto plantar.
- b) Sobre un pie desciende la frecuencia en la correlación, manteniéndose el predominio de los músculos intrínsecos.

2. Rampa (tabla XXIX)

- a) Sobre dos pies es prácticamente nula dicha correlación exceptuando la que presentan los músculos abductor del gordo y flexor corto plantar, siempre de signo positivo como va a ocurrir en todos los resultados que hemos obtenido.
- b) Sobre un pie se amplia manifiestamente dicha correlación, adquiriendo un papel preponderante el músculo tibial anterior.

3. Pendiente (tabla XXX)

- a) Sobre dos pies solamente se va a producir una correlación entre el músculo abductor del dedo gordo y el abductor del quinto dedo, como se ve dos intrínsecos.

TABLA XXXII. Actividad comparada en inclinación lateral mediante el análisis del índice de correlación lineal.

PLL	-0,0742					
TP	-0,0568	0,4223				
TA	-0,0743	0,7514	-0,0516			
ABD	-0,0401	0,2397	-0,0613	-0,0377		
AB5°	-0,1184	0,7445	0,2468	0,5386	0,3840	
FCP	-0,0125	-0,0702	-0,1476	0,0138	0,4378	0,0589
	GE	PLL	TP	TA	ABD	AB5°

INCLINACION LATERAL - 2

PLL	-0,1042					
TP	-0,1322	-0,0967				
TA	-0,1851	-0,0928	-0,1265			
ABD	0,5564	0,2340	0,2840	0,1260		
AB5°	0,1856	0,5558	0,6274	0,5232	0,4354	
FCP	-0,2586	0,0052	-0,0640	0,0638	-0,0504	0,0783
	GE	PLL	TP	TA	ABD	AB5°

INCLINACION LATERAL - 1

b) Sobre un pie también va a ser única la correlación existente entre el músculo abductor del quinto de do nuevamente y el peroneo lateral largo. Puede - observarse cómo esta posición es aquella en la que se va a dar en menor grado una correlación de actividades musculares.

4. Inclinación Medial (tabla XXXI)

a) Sobre dos pies únicamente va a existir correlación entre los músculos tibial anterior y flexor corto plantar.

b) Sobre un pie vamos a hallar dos correlaciones en las que de nuevo intervienen mayoritariamente los músculos intrínsecos.

5. Inclinación Lateral (tabla XXXII)

a) Sobre dos pies vamos a hallar la mayor cantidad de correlaciones entre los distintos músculos explora dos, entrando a formar parte de ellas no solo los músculos intrínsecos sino también los extrínsecos, especialmente el músculo tibial anterior.

b) Sobre un pie se mantiene el gran número de correlaciones que, al igual que ocurría en el apoyo bi podal, probablemente no va a significar sino el - resultado de comparar entre sí las actividades - musculares en aquella posición en que desarrollan una respuesta máxima. Repiten con relación a la - posición de apoyo bipodal un índice de correla- - ción positiva, los músculos tibial anterior con - abductor del quinto dedo, abductor del dedo gordo con abductor del quinto dedo y peroneo lateral - largo nuevamente con abductor del quinto.

Creemos que es suficientemente expresivo a la hora de valorar el índice de correlación existente en la posición de inclinación lateral (tanto sobre dos pies como sobre uno) el hecho de que once situaciones en que se produce dicha correlación - en siete de ellas se halla presente el músculo abductor del quinto dedo.

De entre todos los índices en que se ha hallado un coeficiente de correlación, hemos escogido - aquellos cuya "r" es significativa (según se dijo en un párrafo anterior) y los hemos trasladado en forma de signo más o menos (que en nuestro caso - no se ha producido) a la tabla XXXIII, a modo de resumen de lo anteriormente expuesto, y en la que

TABLA XXXIII
INDICE DE CORRELACION LINEAL

MUSCULO	Sobre 2 pies					Sobre 1 pie				
	OR	RA	PE	IM	IL	OR	RA	PE	IM	IL
TP y PLL					+					
TP y Ab5º							+		+	+
TA y PLL					+		+			
TA y FCP				+			+			
TA y AB5º					+					+
ABD y GE										+
ABD y FCP	+	+			+	+			+	
ABD y Ab5º	+		+		+					+
FCP y PLL	+									
FCP y Ab5º	+									
AB5º y PLL					+	+		+		+

con una rápida observación podemos tener una idea de conjunto sobre todas las relaciones efectuadas.

Y, justamente observando dicha tabla, destacan cuatro tipos de actividades sinérgicas:

- 1ª Del abductor del dedo gordo con el flexor corto plantar, tanto con apoyo sobre ambos pies como sobre uno, si bien existe un predominio en apoyo bipodal.
- 2ª Del abductor del dedo gordo con el abductor del quinto dedo, con claro predominio de sinergia en apoyo bipodal.
- 3ª Del abductor del quinto dedo con el peroneo lateral largo, que se produce con apoyo unipodal.
- 4ª Del abductor del quinto dedo con el tibial posterior, igualmente con apoyo unipodal.

Podríamos resumir estos cuatro tipos en dos que en esencia sería:

- A) De los músculos intrínsecos entre si, especialmente en ortostatismo-2 e inclinación lateral-2.
 - B) Del abductor del quinto dedo con el tibial posterior y con el peroneo lateral largo, especialmente en inclinación lateral-1; existirá un predominio del tibial posterior en rampa e inclinación medial y del peroneo lateral largo en ortostatismo y pendiente.
- 3º Análisis de la relación entre actividad electromiográfica y fotopodograma.

Como ya se decía en el capítulo correspondiente a Material y Método, todos los pies explorados eran clíni

camente normales, esto es indoloros; no obstante procedimos a la mensuración objetiva de las huellas plantares mediante el cálculo del índice de Chippaux y el ángulo de Clarke sobre los fotopodogramas, con lo que nos hemos encontrado con una serie de pies que tenían unas cifras que, (de acuerdo con el trabajo previo de GÓMEZ, L.; LLANOS, L. y RUBIO, J. (48) que se citaba en el capítulo de revisión histórica y en el que los autores obtenían unas cifras medias con sus respectivos índices de confianza superior e inferior), les incluyen en el grupo de los planos o cavos, y que para diferenciarlos de aquellos que presentan sistomatología clínica hemos denominado "pies con tendencia al plano" y "pies con tendencia al cavo".

Por este procedimiento obtuvimos seis pies entre los pertenecientes al primer grupo y que correspondían a los casos de nuestra casuística números: 2 (con parámetros en el pie izquierdo de 62% y 12° -correspondientes al índice y ángulo respectivamente-), 14 (55% y 15°), 25 (47% y 16°), 36 (53% y 17°) 24 (56% y 10°) y 35 (48% y 28°); entre los casos incluidos en el segundo grupo obtuvimos los números: 5 (25% y 50°), 20 (14% y 53°), 29 (18% y 55°), 32 (17% y 51°), 36 (16% y 50°) y 38 (15% y 56°).

Los resultados obtenidos en la comparación de la actividad electromiográfica muscular de estos pies con la media general hallada nos ha dado datos muy sugestivos respecto a:

- 1º Los pies con tendencia a planos se han mostrado en las posiciones con apoyo de ambos pies menos activos que la media normal, en tanto que en los

pies con tendencia a cavo se producía justamente lo contrario. Así mismo era desproporcionada, en favor de los segundos, la actividad de los músculos intrínsecos.

- 2º En cambio, en las posiciones exploradas con apoyo sobre un pie se produjo un aumento muy superior en la actividad muscular desarrollada por los pies con tendencia al plano que con los de tendencia al cavo, los cuales pasaron a tener menos actividad que la media.
- 3º Así como los pies con tendencia a plano destacaba por encima de los valores de la media la actividad del músculo flexor plantar y en menor escala de los músculos tibiales posterior y anterior, en los pies con tendencia al cavo se aprecia un predominio claro en la actividad del músculo abductor del dedo gordo, y en menor escala del abductor del quinto dedo.

Sin embargo al haber sido pequeña el número de casos estudiados no hemos podido comprobar estadísticamente los resultados obtenidos y cuyo resumen hemos expuesto, debido a que para dichos números de casos el índice de dispersión era tan elevado que no pudimos obtener ninguna conclusión significativamente demostrable según los métodos estadísticos que hemos utilizado a lo largo del presente trabajo.

4º Análisis de la relación entre actividad electromiográfica, sexo, talla y peso.

El objeto de citar dicha relación se debe fundamentalmente al hecho de que dado que nuestros protocolos hemos incluido dichos datos consideramos de interés la

posibilidad de complementar en dicha dirección inves
tigaciones futuras, y que en el caso del presente es
tudío no hemos podido realizar por las mismas razo -
nes que ya expusimos en el párrafo anterior.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Con objeto de ordenar y sistematizar lo más posible la discusión de los resultados que hemos obtenido en el presente estudio, hemos dividido su exposición en tres apartados; en el primero resumimos brevemente el planteamiento del problema que nos ocupa para pasar a continuación a analizar y justificar nuestra opinión personal; seguidamente discutiremos el método seguido, para, finalmente, enunciar las conclusiones.

I. Planteamiento del problema

Ya hemos visto en el capítulo correspondiente cómo la bóveda plantar viene definida arquitecturalmente por tres arcos, que, en conjunto, constituyen un doble abombamiento, uno transversal propiedad antigua del mamífero como ya indicábamos-, y otro longitudinal. El abombamiento longitudinal va a estar conformado por dos arcos, uno interno y otro externo cuya significación representada por su diferente morfología externa y por la distinta tensión que se desarrolla en cada uno de ellos, ha sido objeto de numerosos estudios.

Los primeros estudios sobre la estática del pie con la exposición de ideas un tanto esquemáticas sobre los medios de soporte del mismo y manera de realizarse (cuya representación podríamos fijarla en la clásica teoría del trípode), han evolucionado paulatinamente hacia un concepto más integral de la estructura del pie y de la interrelación entre los elementos que lo componen (estudios de MORTON, VILADOT, etc., ya referidos).

A nuestro modo de ver, los estudios experimentales que podrían definir la evolución hacia la idea actual

de cuál es la actividad o importancia de la musculatura en el mantenimiento de los arcos que conforman la bóveda, son:

1. Los de JONES, R., 1941 (67), quien resumía su investigación afirmando que: a) los músculos representaban hasta un 15-20% del soporte de la bóveda, y b) los músculos cortos plantares contribuirían mejor a dicha acción, debido a su posición y relaciones.

2. Las conclusiones de HICKS, J., 1956(58), en el sentido de que la acción muscular sería más de elevación que de soporte.

3. Los estudios electromiográficos llevados a cabo por BASMAJIAN y cols., quien, abordando directamente los músculos con técnicas precisas, se puede decir que ha fijado el estado actual del problema. Nuestra consideración ante este hecho fue la causa que nos impulsó a realizar el presente estudio con este tipo de técnica.

¿Cuál es nuestra posición ante estos problemas que hemos planteado?

1º Respecto las teorías sobre la mayor o menor interrelación de los distintos elementos que conforman la bóveda plantar (incluidas las partes blandas integradas en los paquetes adiposos que van a constituir el almohadillado), nosotros nos alineamos con nuestro maestro, el Prof. GOMEZ OLIVEROS, postulando la estrecha relación entre "forma y función", base de la moderna Anatomía Funcional, referente a la estructura que nos ocupa. Su especial plasticidad y su adecuación a las distintas y muy variadas exigencias -estato-dinámicas a que se ve continuamente sometida

hace poco dudoso, a nuestra manera de pensar, el -
que homologuemos su estructura en el sentido concep-
tual con que BENNINGHOFF creara sus sistemas funcio-
nales.

2º En la revisión histórica dedicada al estudio de las
fuerzas componentes o responsables de la morfología
de la bóveda plantar, así como en la búsqueda de -
cual de ellas podría ser determinante, hemos obser-
vado como gran parte de las conclusiones halladas,
lo han sido a partir de condiciones experimentales
en las que se ha sometido aisladamente a unas u o -
tras estructuras (activas o pasivas) a tensiones y
sobrecargas, buscando con ello determinar las propor-
ciones en que intervendrían en una función puramente
de soporte.

A partir de dichas experiencias y de una forma pro-
gresiva hemos asistido a la desaparición de las teo-
rías que concedían un protagonismo esencial a los
músculos hasta llegar, en nuestros días, a los que
practicamente les niegan toda importancia como fac-
tores colaboradores en la estática del pie.

Pretendiendo centrar la discusión creemos que ele-
mentos activos, cual son los músculos, no debemos
estudiarles exclusivamente bajo una perspectiva -
pasiva; no debemos emplear para su estudio los mis-
mos condicionantes que para el de los huesos o liga-
mentos pues con ello estamos simplificando el pro-
blema atribuyendo a la musculatura unicamente una
parte de su función, pues si por mediación de su -
tono va a constituirse como parte del armazón que.-
sostiene el pie (la bóveda), por medio de su con---

tracción va a desempeñar un papel si cabe más importante como tensor activo o remodelador de los arcos plantares en situaciones estáticas normales o patológicas. No olvidemos, por otra parte, que incluso el estudio de varios músculos de entre aquellos que se insertan en el pie no nos debe -al valorar la actividad que desarrollen- hacer olvidar que, en definitiva el pie, último eslabón de una columna estática gravitacional, va a ver influenciada su estática por diversas estructuras (fundamentalmente musculares) con las que está interrelacionado a distancia.

En definitiva, y terminando nuestra discusión sobre algunos de los métodos experimentales empleados para la valoración de la actividad muscular, nuestra opinión es la de que las conclusiones que se obtengan deberán derivarse de situaciones experimentales lo más fisiológicas posible para evitar un involuntario falseamiento de la actividad real de las estructuras exploradas al ser sometidas a situaciones de stress inadecuadas.

3º De lo anteriormente expuesto se refleja claramente nuestra posición respecto a si la actividad muscular es importante o no; no se trata de decir que es "mucha" o "poca", sino simplemente constatar que los músculos desarrollan la actividad que les corresponde como tensores o correctores (eventualmente) del andamiaje osteo-ligamentario constitutivo de la bóveda plantar, y, en casos extremos como "reserva dinámica" de la misma.

Este es el concepto que hemos obtenido del análisis de los resultados del presente estudio.

II. Discusión de nuestro método

Estudiaremos este capítulo bajo un doble aspecto: por una parte, nos referiremos a la justificación del método propiamente dicho, y por otra, analizaremos la unidad de valoración.

1º ¿Cuáles han sido las razones que nos han movido a escoger los músculos que han sido investigados?

Fundamentalmente dos: de un lado, nuestra idea -- personal derivada de la estructura de la bóveda -- y, concretamente de sus arcos, y, de otro lado, el deseo de comparar nuestros resultados con los de otros autores.

Entre los músculos que podríamos incluir en el primer grupo figuran casi todos los investigados y especialmente los intrínsecos, esto es, aquellos que tienen su origen e inserción en la superficie plantar del pie. En el segundo grupo hemos incluido especialmente dos músculos, el gemelo externo y el peroneo lateral largo; en el caso del primero, lo hemos incluido porque nos podía servir de músculo testigo al no actuar morfológicamente sobre ningún arco plantar, y también porque, tal vez debido a su fácil acceso exploratorio, ha sido habitualmente objeto de estudio por los distintos investigadores; el segundo, porque su actividad ha sido defendida por diversos autores en el sentido de que por su situación topográfica actuaría sobre numerosas articulaciones del pie.

La justificación del método de exploración ya quedó expuesta en el apartado correspondiente, así como el de la elección del tipo de electrodos (de aguja bipo

lar) esta última, pensando por una parte en la mejor individualización y captación de la actividad eléctrica muscular, y por otra, en el difícil acceso - e inseguridad de correcta valoración de músculos - como el flexor corto plantar (con la gruesa aponeurosis plantar como barrera) y el tibial posterior, situado en una posición profunda dentro de la cara posterior de la pierna. Creemos que con electrodos de superficie, y a pesar de las afirmaciones de -- SMITH, J., 1954(116), no hubieran sido igualmente expresivos los trazados electromiográficos obtenidos.

Al elegir cinco posiciones distintas en carga (más una en reposo de control) hemos querido simplemente estudiar el pie bajo las condiciones experimentales estáticas más completas y siempre fisiológicas.

Ahora bien, como hacíamos referencia anteriormente, y considerando la capacidad de adaptación del pie a muy diversas circunstancias, casi todos los autores han estudiado la actividad muscular con el pie sometido a situaciones de sobrecarga.

Nosotros, que en las posiciones experimentales habíamos hecho adoptar a los sujetos lo que BASMAJIAN definió como "ortostatismo relajado" (10), al pensar cuál podría ser la situación de sobrecarga más fisiológica para evitar las situaciones extremas a que anteriormente aludíamos revisamos aquellas que habían utilizado otros investigadores sin que llegara a satisfacernos plenamente ninguna.

BASMAJIAN, J. y STECKO, G., 1963(9), por medio de un aplicador especial de peso, procedieron a sobrecargar artificialmente la bóveda con pesos que oscila-

ban entre 100 y 400 libras, estudiando los efectos que producían sobre la actividad muscular medida - por métodos electromiográficos. ¿Podemos considerar esta situación como de "sobrecarga fisiológica"? - En nuestra opinión no del todo por cuanto ya expusimos anteriormente.

Por todo ello hemos pensado que la mayor sobrecarga estática fisiológica viene representada en el pie, por aquel momento de la marcha en que practicamente apoya solo uno desus dos pies, y esta es la posición que hemos adoptado.

2º Con respecto a la valoración de los resultados, el método cuantitativo que proponemos y, cuyo fundamento, a partir de la clasificación emitida por --- BUCHTHAL y CLEMESSEN (20), ya expusimos en el capítulo dedicado a la valoración de los resultados, creemos que puede ser de interés en este tipo de -- investigaciones en condiciones estáticas y cuando se pretende solamente establecer parámetros de actividad muscular; por otra parte es superponible -como hemos hecho nosotros- con otros tipos de valoración. Mediante su empleo por diferentes investigadores en las mismas condiciones experimentales, estimamos que puede perfeccionarse con la ventaja de que podría - llegar a estandarizarse la contracción estática muscular en forma similar a como se realiza hoy día en la clínica la valoración o test muscular (27) y -- (110).

Es, por otra parte, un buen sistema de comparación de resultados (tal vez el único estadísticamente), y que quizás podría aclarar algunas divergencias que

se producen a veces en los distintos resultados obtenidos hasta ahora.

En esencia, y como hemos podido comprobar, nuestros resultados globales no se alejan fundamentalmente de los obtenidos por los investigadores más dedicados a este problema, por lo que las diferencias obtenidas pensamos que no se deben a la aplicación de nuestro sistema de valoración sino al método empleado.

III. Discusión de nuestros resultados

Ordenaremos dicha discusión abordando consecutivamente los siguientes apartados: actividad muscular, actividad posicional, interrelación de las actividades musculares y proyección de algunos aspectos del presente estudio.

1º Actividad de los músculos investigados

Todos los músculos explorados en cada una de las posiciones experimentales se han mostrado activos en mayor o menor cuantía (con las excepciones ya reseñadas de los músculos gemelo externo y abductor del quinto dedo en dos posiciones cada uno). Este resultado se encuentra en línea con los obtenidos por diversos autores; JOSEPH, J. y NIGHTINGALE, A., 1952(69), se refieren a la actividad continua mostrada por el músculo sóleo y, a veces, por el gastrocnemio en la posición de ortostatismo relajado; NAPONIELLO, L., 1957(90), llega a parecidas conclusiones al encontrar actividad continua en los músculos sóleo y gemelo externo e intermitente

en el tibial anterior.

Ahora bien, ¿cuál es la importancia de dicha actividad? Dejando de lado el músculo gemelo externo utilizado como testigo y que, como se puede apreciar en los cuadros correspondientes, se ha mostrado como el menos activo de todos los estudiados, podemos afirmar que de treinta posiciones experimentales con el sujeto apoyando ambos pies y correspondientes a los restantes seis músculos, solamente en cinco de ellas se han obtenido porcentajes de actividad cercanos al 10% sobre el total posible; es decir, que la actividad muscular en las posiciones de apoyo bipodal es muy débil (y en cuatro casos nula).

El hecho de que las contracciones musculares que se producen en dichas posiciones sean de pequeña cantidad no invalida algo importante y es que existen. Para nosotros esta afirmación es de importancia capital por cuanto que existe un grupo de autores que niegan haber encontrado actividad en algunos de los músculos que hemos explorado; en nuestra opinión se trata únicamente de un problema de tipo técnico y, fundamentalmente del uso de electrodos de superficie en vez de los de aguja. Por otra parte otros investigadores aun habiendo encontrado actividad muscular, al observar la pequeña magnitud de la misma, lo han atribuido a la existencia de sinergias musculares, fuerzas gravitacionales o potenciales ajenos a la contracción muscular (potenciales de bajo voltaje o miniatura "fin-de-placa"); todos estos factores indudablemente pueden producir alteraciones falsas en algún o algunos trazados electromiográficos en ciertas posiciones o músculos, pero no invalidar toda una serie exploratoria siempre que se hayan -

tenido presentes cual es nuestro caso, según se desprende de las diversas precauciones adoptadas en el Método.

Pero existe un tercer grupo de autores (como BASMAJIAN y BENTZON, MANN e INMAN, BASMAJIAN, etc., ya citados en otros capítulos) quienes, habiendo obtenido actividad eléctrica en uno o varios músculos, no atribuyen a dicha actividad importancia en el mantenimiento de la bóveda plantar. Indudablemente es con este grupo con el que debe quedar centrada nuestra discusión.

La respuesta que debíamos dar a esta última toma de postura frente a la importancia de la musculatura plantar en el soporte de la bóveda debía provenir de dos circunstancias diferentes: a) por una parte de nuestro concepto sobre cuál debía ser, desde un punto de vista anatómico idealista, la función que debía cumplir la musculatura dentro del conjunto de estructuras que intervenían en la constitución de la bóveda plantar; dicho concepto ha sido revisado en un apartado anterior por lo que no vamos a insistir en el mismo, pero recordemos solamente a modo de resumen nuestra idea de que al referirnos a la musculatura como soporte no debemos pensar en algo inerte sino en una estructura que "está ahí" y que va a intervenir activamente de una forma -- más o menos acusada según las exigencias globales a -- las que sea sometida la bóveda b) por otra parte de un hecho fundamental y que a lo largo del presente estudio hemos podido constatar en todos los músculos explorados (con un 95% de posibilidades de certeza), y es el de que la respuesta muscular a la posición que definimos como de "sobrecarga fisiológica". (esto es con apoyo sobre un solo pie) ha sido muy superior a la obte

nida en apoyo bipodal.

Existe pues, en efecto, una actividad muy débil por parte de la musculatura plantar en condiciones de apoyo relajado absoluto, pero ante la elevación significativa de la misma en condiciones de sobrecarga más bien modestas (como la representada por un tiempo de la marcha) no podemos sino pensar que estamos frente a una reserva dinámica de la bóveda plantar que cumple una función de soporte puro en mayor o menor grado conforme a las exigencias reaccionales que le impone ésta.

¿Cuál ha sido el patrón de actividad entre los distintos músculos explorados?

De la observación de los distintos gráficos se infiere fácilmente como ha sido el músculo abductor del dedo gordo el más activo de todos los investigados -- con clara diferencia sobre todos los demás; dicha actividad predominante se ha manifestado más en las exploraciones efectuadas con apoyo unipodal, por lo que en dichas posiciones hemos podido constatar actividades significativamente diferentes (mediante el cálculo de la "t" de Student) con casi todos los demás músculos si exceptuamos el flexor corto plantar, y aun con este en algunas posiciones.

En sentido opuesto, hemos hallado que el músculo abductor del quinto dedo se incluye dentro del grupo de los menos activos, que en nuestra serie fueron el gemelo externo (como ya se dijo) y el peroneo lateral largo.

Con respecto a este último músculo es preciso convenir que han existido diversas opiniones sobre su valor co-

mo soporte y que ya revisamos en otro capítulo; y citándonos únicamente a los experimentos más modernos encontramos afirmaciones encontradas como las de HICKS, para quien sería el único músculo que proporcionara soporte al arco plantar (en tanto que los demás actuarían como elevadores directos o indirectos del mismo), y las de BASMAJIAN y STECKO quienes destacaban como el músculo era "dramáticamente silencioso" excepto en algunos casos al aplicarle al miembro pesos de 400 libras superiores como se ve a los normales.

La actividad hallada por nosotros en este músculo se alinea más bien con BASMAJIAN y cols., si bien no hemos encontrado de ninguna manera silencio absoluto; de otra parte tampoco hemos podido comprobar la afirmación de O'CONNELL, A., 1958(95) en el sentido de que a partir de inclinaciones superiores a los 10° se hacía más activo, a pesar de que, como ya se expuso en el capítulo de Material, las inclinaciones fijas que hemos utilizado han sido de 20°.

Precisamente dicho autor realizó un estudio de algunos de los músculos que hemos investigado en varias posiciones como las utilizadas por nosotros con lo que hemos podido comparar parte de sus resultados con los nuestros. Así, en ortostatismo afirma que los músculos de la región anterolateral de la pierna no presentan actividad, lo cual está en línea con nuestros hallazgos puesto que tanto el gemelo externo como el peroneo lateral largo se distinguen dentro de nuestra serie como los menos activos en dicha posición; así mismo existen coincidencias en la posición de rampa al destacar por una parte la actividad del músculo tibial anterior que en nuestra serie llega a ser superior a la del

abductor del dedo gordo-, y por otra la bajísima actividad del peroneo lateral largo y del gemelo externo --que en nuestra serie fue nulo-. En la posición de pendiente existe coincidencia respecto al aumento de actividad del grupo posterior, representado en nuestro caso por el músculo tibial posterior. Por último, en las posiciones de inclinación también existe acuerdo en -- cuanto al aumento de actividad del músculo abductor -- del dedo gordo y flexor corto plantar, por un lado, y del abductor del quinto dedo, por otro.

Podemos resumir la discusión sobre nuestros resultados afirmando que a la vista de los mismos el músculo más activo ha sido el abductor del dedo gordo, seguido del flexor corto plantar, cuyo patrón de respuestas ha sido el más uniforme y cuya actividad con el sujeto apoyando ambos pies es prácticamente similar a la desarrollada por el primero.

Quizás el aspecto más importante sobre la actividad -- muscular sea la comprobación de la mayor actividad en general de los músculos intrínsecos del pie con la excepción del abductor del quinto dedo (salvo en inclinación lateral). Esto es lógico si consideramos cómo estos músculos están formando la cuerda total de los arcos que componen la bóveda y de los cuales, el interno al ser más pronunciado va a dar su definición a la -- misma, en tanto que el externo, como ya se vio en la revisión anatómica, apenas se eleva de la superficie de apoyo.

Los músculos extrínsecos más activos en general en posiciones en las que los intrínsecos lo son menos (tales como ortostatismo y rampa), presentan una actividad pe-

queña pero continuada; estas dos características, unidas a su disposición topográfica (especialmente en lo referente a los músculos peroneo lateral y tibial posterior) nos llevan a pensar que la función de dichos músculos se ejerce actuando sobre diversas articulaciones a las que estabilizarían y como mantenedores del equilibrio corporal, si bien ante situaciones de sobrecarga actuarían igualmente como reserva dinámica; es significativo a este respecto el que ante sobrecargas reaccionen con un aumento de actividad comparativamente más elevado que el de los músculos intrínsecos.

El predominio de la musculatura intrínseca ya fue reseñado por otros autores, entre los que citábamos anteriormente a JONES, y al que podemos añadir MANN, R. e INMAN, V., 1964(82) quienes afirmaban que los "músculos intrínsecos son aquellos que más contribuyen al soporte muscular del arco, jugando así mismo un papel importante en la estabilización de la articulación mediopodaria.

2º Actividad posicional

Bajo este epígrafe podemos estudiar dos aspectos diferentes: uno, el de cuáles han sido las posiciones en las que se ha producido una mayor actividad muscular, y otro, el de cuáles han sido las posiciones en las que mayor actividad ha desarrollado cada músculo.

MANN e INMAN afirmaban que el pie pronado exigía una mayor actividad en los músculos intrínsecos y años antes diversos autores estudiaban qué posiciones originaban una mayor tensión. Así PHELPS, W. y KIPHUTH, R., 1932 (101) establecieron que el aplanamiento del arco longitudinal del pie se acompañaba siempre de pronación

del mismo; McCONAILL, M., 1945(89) utilizando técnicas -
fotopodográficas observó cómo la impresión del pie en
abducción presentaba un área mayor y más larga que la
del pie en adducción, de donde dedujo que el pie abdu-
cido estaba más a tensión y aplastado sobre el suelo -
que el adducido. En definitiva todos se refieren a una
mayor tensión a nivel del pie evertido.

Nuestros resultados sobre este punto no los considera-
mos significativos y no podemos decir que desmientan o
afirmen los extremos citados. Hemos observado sí, una
tendencia de los músculos intrínsecos a presentar ma-
yor actividad en las posiciones de inclinación y a es-
te respecto podemos considerar como prototipos las ac-
tividades desarrolladas por el músculo abductor del --
dedo gordo en inclinación medial (o sea en eversión) y
por el abductor del quinto dedo en inclinación lateral;
por su parte los músculos extrínsecos ya dijimos como
dentro de su menor actividad mantienen mayor nivel de
actividad en ortostatismo y rampa (como es el caso del
músculo tibial anterior); finalmente en pendiente se a-
precia una actividad pareja y más bien elevada en ambos
grupos musculares.

Si tuvieramos que definirnos por la actividad del ab-
ductor del dedo gordo como máximo representante de la
actividad muscular en el presente estudio, no cabe la
menor duda de que en inclinación medial su actividad
es significativamente diferente con el 95% de posibi-
lidades de certeza a la del resto de los músculos ex-
plorados, lo que puede indicar que, efectivamente, el
pie pronado trabaja a mayor tensión. No obstante los -
resultados obtenidos por nosotros solamente nos permi-

ten hablar de un predominio de la actividad muscular en ambas posiciones de inclinación sin que dicha mayor actividad se traduzca en una cifra significativamente diferente respecto a la desarrollada en las demás posiciones.

Respecto a la actividad muscular en cada posición, -- una vez constatada la significativa diferencia existente en la actividad desarrollada por cada músculo en -- apoyo bipodal y unipodal, solamente cabe recordar como la posiciones en las que se mostraron más activos los músculos explorados fueron las de inclinación medial-2 y pendiente-1 para el peroneo lateral largo, pendiente-2 e inclinación lateral-1 para el tibial posterior, -- rampa-2 y ortostatismo-1 para el tibial anterior, in-- clinación medial-2 y 1 para el abductor del dedo gordo, inclinación medial-2 y rampa-1 para el flexor corto -- plantar y de inclinación lateral-2 y 1 para el abduc-- tor del quinto dedo.

Quizás lo más significativo de esta relación de acti-- vidades máximas sea el constatar como los músculos abductores del primer y quinto dedos son aquellos que -- presentan una mayor especialización funcional en rela-- ción con su topografía anatómica.

3º Indice de correlación lineal

El hallazgo de dicho índice tras comparar las activida-- des de cada músculo en cada posición con los demás, nos permite afirmar la existencia de una serie de correla-- ciones todas ellas positivas (es decir de sinergia) en-- tre algunos de los músculos explorados.

Como ya se vio en el análisis de los resultados dichas

sinergias podemos reducirlas a dos: entre los músculos intrínsecos y entre el abductor del quinto y dos extrínsecos. La primera de ellas nos permite afirmar, -- como ya adelantaran MANN e INMAN, que los músculos intrínsecos actúan como grupo, a lo cual añadimos que -- además trabajan en el mismo sentido.

4º Sobre la proyección de algunos aspectos del presente estudio

BASMAJIAN y STECKO distinguieron el llamado "pie potente" del "pie débil", definiendo este último como aquel que se caracterizaría por la disposición inestable de los huesos del tarso, de forma que al soportar peso -- cambiarían de posición y, solamente aumentando el soporte muscular podrían mantener la forma normal del pie. Años después, GRESCYK, E. (51) y BASMAJIAN y GRESCYK (11) en sus primeros resultados al explorar electromiográficamente pies planos de mujeres expresaron en resumen: 1º que en los pies desequilibrados la actividad muscular ocurría de una forma refleja. 2º que en los pies -- planos existía una actividad a nivel de los músculos -- tibial anterior, tibial posterior, sóleo y peroneo lateral largo que interpretaban como una reserva funcional activa.

Nosotros ya hemos expuesto al analizar los resultados cómo, aplicando técnicas de medición fotopodográfica hemos establecido una comparación entre forma de la huella plantar y actividad muscular electromiográfica y apuntábamos como nuestros resultados se muestran conformes con la actividad desarrollada por la musculatura plantar (y más concretamente de la intrínseca) en --

su papel de soporte activo o reserva funcional como les llamaban BASMAJIAN y GRESCYK; así nos parece que apuntan nuestros resultados (conformes en general con los de los citados autores) con menor actividad general - en los pies con tendencia a planos y, sin embargo mayor capacidad de reacción a la sobrecarga, especialmente a expensas del flexor corto plantar, y al contrario en los pies cavos, con predominio de actividad en el abductor del quinto dedo.

No obstante, como ya indicábamos, no podemos afirmar estadísticamente nuestras conclusiones a este respecto por lo que pensamos que queda abierta una vía sugestiva de investigación en este sentido y que nosotros nos comprometemos a continuar por la doble faceta de interés que ofrece: al anatómico, por cuanto consideramos que relaciona forma y función de manera modélica, y, al clínico, por cuanto que puede ayudar a profundizar en la etiopatogenia y tratamiento de diversos trastornos estáticos del pie en su doble vertiente reabilitadora y quirúrgica.

TESIS

Las conclusiones obtenidas a partir del estudio experimental realizado y que resumidamente expondremos constituyendo la tesis del mismo, las dividiremos en dos grupos atendiendo a su procedencia: las derivadas del método y las derivadas de los resultados.

A) Conclusiones derivadas del método

- 1ª DEFINIMOS UNA SITUACION EXPERIMENTAL, A LA QUE SE DENOMINA "DE SOBRECARGA FISIOLÓGICA", QUE, REALMENTE, SE CORRESPONDE CON UNO DE LOS MOMENTOS DEL APOYO DEL PIE DURANTE LA MARCHA, Y EN LA CUAL LA MUSCULATURA PLANTAR NO SE VE SOMETIDA A PRESIONES EXCESIVAS O ARTIFICIOSAS QUE PODRIAN DAR LUGAR A RESULTADOS IRREALES.
- 2ª PROPONEMOS UN METODO DE VALORACION DE LA REPRESENTACION GRAFICA (A PARTIR DEL ELECTROMIOGRAMA) DE LA CONTRACCION MUSCULAR ESTADICA QUE, PARTIENDO DE LAS DEFINICIONES CLASICAS DE LA MISMA BASADAS EN LAS ALTERACIONES DE LA LINEA BASE ISOELECTRICA, NOS PERMITA CUANTIFICAR LOS RESULTADOS Y SOMETERLOS A COMPARACION Y COMPROBACION ESTADISTICA. DICHO METODO, A PARTIR DE UNAS UNIDADES DE ACTIVIDAD DERIVADAS DE LA FRECUENCIA DE SPIKES POR CENTIMETRO DE TRAZADO ELECTROMIOGRAFICO ELABORADAS POR METODOS ESTADISTICOS, NOS PERMITEN EL ESTUDIO DE PATRONES DE ACTIVIDAD DE CONTRACCION MUSCULAR EN CONDICIONES EXPERIMENTALES ESTADICAS.
- 3ª LA CONSTITUCION ANATOMICA Y MORFOLOGIA EXTERNA DE LA BOVEDA PLANTAR PRESENTAN UNOS RASGOS CARACTERISTICOS QUE, EN EL MAS PURO SENTIDO DE LA ANATO---

MIA FUNCIONAL, NOS HACE ESPECIALMENTE SUGESTIVA LA COMPARACION ENTRE FORMA Y FUNCION. POR ELLO CONSIDERAMOS DEL MAXIMO INTERES, COMO PAUTA DE FUTURAS INVESTIGACIONES, EL COMPLEMENTAR EL ESTUDIO DE LA FUNCION DE LA MUSCULATURA PLANTAR AYUDADOS POR LA ELECTROMIOGRAFIA CON TECNICAS DE MEDICION OBJETIVA DE LA HUELLA PLANTAR, CUAL ES LA DE LA FOTOPODOGRAFIA, QUE HEMOS UTILIZADO A TRAVES DEL CALCULO DEL INDICE DE CHIPPAUX Y DEL ANGULO DE CLARKE.

B) Conclusiones derivadas de los resultados

- 1ª LOS MUSCULOS PLANTARES CUANDO EL SUJETO APOYA SOB--BRE AMBOS PIES DESARROLLAN EN GENERAL UNA ESCASA -ACTIVIDAD QUE, EN NINGUN CASO, SOBREPASA EL 10% SOBRE EL TOTAL POSIBLE.

- 2ª AL PASAR EL SUJETO EXPLORADO A LA POSICIÓN EXPERI--MENTAL DE SOBRECARGA LA ACTIVIDAD MUSCULAR AUMENTA SIGNIFICATIVAMENTE (CON EL 95% DE POSIBILIDADES DE CERTEZA). DICHO AUMENTO, VARIABLE SEGUN EL MUSCULO Y LA POSICION EXPLORADA, ES PROPORCIONALMENTE MA--YOR, EN GENERAL, EN AQUELLOS MUSCULOS CUYA ACTIVI--DAD FUE MENOR APOYANDO AMBOS PIES.

- 3ª EL MUSCULO ABDUCTOR DEL DEBDO GORDO (M. ABDUCTOR - HALLUCIS) HA DESARROLLADO UNA MAYOR ACTIVIDAD QUE --EL RESTO DE LOS EXPLORADOS. LA DIFERENCIA DE ACTI--VIDAD CON LOS DEMAS MUSCULOS HA SIDO ESTADISTICA--MENTE SIGNIFICATIVA, INCLUSO CON EL MUSCULO FLEXOR CORTO PLANTAR (M. FLEXOR DIGITORUM BREVIS), QUE LE SIGUE EN CUANTO A IMPORTANCIA DE ACTIVIDAD DESARRO--LLADA.

4ª LOS MUSCULOS INTRINSECOS (ESTO ES, CON ORIGEN E IN SERCION EN EL PIE) SON MAS ACTIVOS QUE LOS EXTRIN SECOS, Y, CONCRETAMENTE, LOS MUSCULOS ABDUCTOR DEL DEDO GORDO (M. ABDUCTOR HALLUCIS) Y FLEXOR CORTO - PLANTAR (M. FLEXOR DIGITORUM BREVIS). LA RELACION ENTRE FUNCION Y FORMA ANATOMICA QUEDA ASI CLARAMEN TE EXPRESADA YA QUE DICHS MUSCULOS SON, ENTRE TO DOS LOS EXPLORADOS, AQUELLOS QUE ANATOMICAMENTE ES TAN EN CONDICIONES DE DESARROLLAR UNA FUNCION MAS EFICIENTE EN EL MANTENIMIENTO DE LA BOVEDA PLANTAR. EL MUSCULO ABDUCTOR DEL DEDO GORDO (M. ABDUCTOR HA LLUCIS), CONSTITUYENTE DE LA CUERDA TOTAL DEL ARCO INTERNO QUE VA A DEFINIR LA BOVEDA PLANTAR, Y, CON SECUEMENTE, VA A MOSTRARSE MAS ACTIVO.

5ª EL MUSCULO ABDUCTOR DEL QUINTO DEDO (M. ABDUCTOR DI GITI QUINTI) NO VA A SIGNIFICARSE POR SU ACTIVIDAD COMO EL RESTO DE LOS MUSCULOS INTRINSECOS. DEBEMOS CONSIDERAR LAS DIFERENCIAS EXISTENTES ENTRE EL ARCO INTERNO Y EL EXTERNO Y AUN ASI, EXISTE UNA ACTIVI DAD SIGNIFICATIVA EN LA POSICION DE INCLINACION LA TERAL LO QUE NOS HABLA DE UNA CLARA DIFERENCIACION FUNCIONAL.

6ª LAS POSICIONES DE INVERSION (TANTO LATRAL COMO ME DIAL) HAN SIDO LAS QUE HAN PROVOCADO UNA MAYOR REA CCION DE ACTIVIDAD MUSCULAR, SIN QUE, ESTADISTICA MENTE HAYAMOS ENCONTRADO DIFERENCIAS SIGNIFICATI VAS ENTRE AMBAS.

7ª EXISTE UNA CORRELACION LINEAL POSITIVA ENTRE LOS - MUSCULOS INTRINSECOS (ESPECIALMENTE EN LA POSICION

DE ORTOSTATISMO SOBRE PLANO HORIZONTAL CON APOYO DE AMBOS PIES), Y ENTRE EL MUSCULO ABDUCTOR DEL QUINTO DEDO (M. ABDUCTOR DIGITI QUINTI) Y LOS MUSCULOS TIBIAL ANTERIOR (M. TIBIALIS ANTERIOR) Y TIBIAL POSTERIOR (M. TIBIALIS POSTERIOR) CUANDO EXISTE UNA SOBRECARGA SOBRE EL PIE.

EN RESUMEN, LOS MUSCULOS INTRINSECOS DE LA PLANTA DEL PIE, POR SU TOPOGRAFIA, SON LOS LLAMADOS A COMPLEMENTAR LA FUNCION DE LAS ESTRUCTURAS PASIVAS EN EL MANTENIMIENTO DE LA BOVEDA PLANTAR, DESEMPEÑANDO DICHO PAPER MAS EN UN SENTIDO ACTIVO, A MODO DE RESERVA DINAMICA, QUE PASIVO DE SOSTEN. PARA ELLO ACTUAN UNIFORMEMENTE Y EN EL MISMO SENTIDO. SU ACTIVIDAD Y CUALIFICACION EN LA PRESENTE INVESTIGACION, CONFIRMAN, A NUESTRO ENTENDER, DICHA TESIS.

BIBLIOGRAFIA

1. ADRIAN, E.D. (1925). The interpretation of the - electromyogram. *Lancet*, 1, 1229-1233, 1282-1286.
2. ADRIAN, E.D. y BRONK, D.W. (1929). The discharge of impulses in motor nerve fibres, II. The frequency of discharge in reflex and voluntary contractions. *J. Physiol.* 67, 119-151.
3. AFERBLOM, B. (1948). Standing and Sitting Posture. Stockholm: A. B. Nordiska Bokhandeln.
4. ANAPOL, G. (1929). Mechanics in weak and flat feet. *Amer. J. Surg.*, vol. 7, 256-258.
5. ARANDES, R. y VILADOT, A., (1953). Biomecánica del calcáneo. *Med. Clin.* 21, 1, 25.
6. BARCIA GOYANES, J.J. (1962). La expresión histórica del concepto de forma en Biología. Lección inaugural del curso 1962-63. *Anales de la Universidad de Valencia*, vol. XXXVI, 1, Med.
7. BARGMANN, W. (1959). La science anatomique en - Allemagne. *Archives d'Anatomie Pathologique*. Julio.
8. BASMAJIAN, J.V. y BENTZON, J. W. (1954). An electromyographic study of certain muscles of the leg and foot in the standing position. *Surg. Gynec. Obstet.* 98, 662-666.
9. BASMAJIAN, J.V. y STECFO, G. (1963). The Role of Muscles in Arch Support of the foot. An Electromyographic Study. *J. Bone Joint Surg.*, 45-A, 6, 1184-1190.
10. BASMAJIAN, J. V. (1967). Muscles Alive. Their Functions Revealed 6. y Electromyography, 223 - 242, The Williams and Wilkins Company. Baltimore.
11. BASMAJIAN, J. V. y GRESCYK, E. (s.p.)
12. BAUWENS, P. (1948). Electromyography. *Proc. R. Soc. Med.*, 41, 291-296.
13. BAUWENS, P. (1950). The analysis of action Potentials in electromyography. *Proc. Instn.* - -

- elect. Engrs., 97 (Part I), 217-222.
14. BENNINGHOFF, A. (1930). Die Anatomie des Funktionellen Systeme. Morphol. Jahrb., 65, 1-10.
 15. BENNINGHOFF, A., GOERTTLER, K. (1960). Lehrbuch des Anatomie des Menschen. Urban an Schwarzenberg. München-Berlin.
 16. BOULE, H. Loc. Cit., Olivier, G. en "Anatomie Anthropologique". Vigot Frères, Edit., 370, - 1965.
 17. BRAUS, H. (1920). Wilhelm Roux und die Anatomie Naturwissenschaften, 8, 23, 435-442.
 18. BRAUS, H. (1954). Anatomie des Menschen. Springer-Verlag. Berlin.
 19. BRUCE, J. y WALMSLEY, R. (1938). Some observations on the arches of the foot and flat-foot. Lancet, 235, 656-659.
 20. BUCHTHAL, F. y CLEMMENSEN, S.V. (1941). On the differentiation of muscle atrophy by electromyography. Act. Psychiat. et Nerol, 16, 143-181.
 21. CECALDI, A. (1967), Practique de la rééducation au pie. Masson & Cia., Ed.
 22. CHLEPPAUX, C. (1947). Elements d'anthropologie. Marseille.
 23. CIRIAX, E.F. (1917). Some new facts in the anatomy of certain movements. J. Anat. Lond., 12, 396-399.
 24. CLARKE, H. (1933). An objective method of measuring the height of longitudinal arch in foot - examinations. Res. Quart. Amer. Ass. Hlth. - Phys. Educ., 4, 99-106.
 25. CLEMMENSEN, S. (1951). Some studies in muscle tone. Proc. R. Soc. Med., 44, 637-646.
 26. DABELOW, A. (1956). Die Anatomie des Fettgewebes. Regensburger. Jahrbuch für ärztliche Fortbildung. V.

27. DANIELS, L., WILLIAMS, M. y WORTHIGHAM, C. - - (1957). Pruebas funcionales musculares. Ed. Interamericana.
28. DICKSON, F.O. y DIVELEY, R.L. (1939). Functional disorders of the foot. J.B. Lippincott Co. Philadelphia.
29. DJIAN, A., ANNONIER, Cl., DENIS, A. y BAUDOIN, P. (1968). Radiopométrie. Principes. Résultats J. Radiol. Electr., 49, 769-771.
30. DUBOIS, J. Ph. y DURAPOURG, M. Ph. (1972). Physiologie et rééducation fonctionnelle du pied. Masson & Cie., Ed.
31. DUCROQUEE, R., J. y P. (1965). La marche et les boiteries. Masson & Cie., Ed.
32. DUCHENNE, G.B. (1867). Physiologie des Mouvemens Ed. Baillière.
33. DUMOULIN, J. y AUCREMANNE, Ch. (1959). Précis d'Electromyographie. Lib. Maloine, S.A. Paris.
34. DUNK, H.L. (1923). The statics of the human arch when subjected to body weight. Mil. Surg. 52, 567-628.
35. ELFTMAN, H. (1934). A cinematic study of the distribution of pressure in the human foot. - Anat. Rec., 59, 481-491.
36. ELFTMAN, H. y MANTER, J.T. (1934). The axis of the human foot. Science, 80, 484.
37. ELFTMAN, H. (1960). The transverse Tarsal Joint and Its Control. Clin. Orthop., 16, 41-46.
38. FATT, P. y KATZ, B. (1950). Some observations on biological noise. Nature, Lond., 166, 597 - 598.
39. FATT, P. y KATZ, B. (1952). Spontaneous subthreshold activity at motor nerve endings. J. - Physiol. 117, 109-128.
40. FERRAZ, E.C., DE MORAES, J.L. y PAROLARI, J.B. (1958). Actividade dos musculos fibulares lon-

go e curto (en portugués). Folia oli. et. biol.
28, 140-142.

41. FLOYD, W.F. y SILVER, P.H. (1950). Electromyographic study of standing in man: thigh and leg muscles. *J. Physiol.* 111, 22 P.
42. GAUNEL, Ch. (1971). Diagnostic des troubles statiques de la voûte osseuse du pied. Indices de cavitation et de pronosupination. *Podologie* 6, 331-363.
43. GEGENBAUER, C. (1895). Lehrbuch der Anatomie - des Menschen. T. I., Verlag Von Wilhelm. Engelman. Leipzig.
44. GELLHORN, E. (1947). Patterns of muscular activity in man. *Arch. Phys. Med.*, 28, 568-574.
45. GOMEZ OLIVEROS, L. (1953). La importancia de la Anatomía en los estudios médicos. *Clin. y Lab.*, LVI, 333.
46. GOMEZ OLIVEROS, L. (1960). Lecciones de Anatomía Humana. TI, Fac. 1º, Anatomía General. Ed. Marban. Madrid.
47. GOMEZ OLIVEROS, L. (1964). Lecciones de Anatomía Humana, TI, Fas. 2º, Osteología. Ed. Marbán Madrid.
48. GOMEZ PELLICO, L., LLANOS, L.F. y RUBIO, J. - (1972). Análisis estadístico de la anatomía de la bóveda plantar mediante el fotopodograma. - *Rev. Ortop. Traum.*, 171B, 3º, 561-576.
49. GOPPERT, H. (1952). Die Darstellung von Faseraktionen der ruhender Muskulatur am Menschen. - *Pflüg. Arch. ges. Physiol.*, 256, 142-160.
50. GOTTLIEB, A. (1932). Flatfoot and its relation to the triceps surae muscle. *Amer. J. Phys. Therapy*, 8, 321-323.
51. GRESCYK, E. (1965). Electromyographic Study of the Effect of Leg Muscles on the Arches of the Normal and Flat Foot. Thesis for Master of Science Degree. University of Vermont, USA.

52. HAEGEL, P. (1973). Le pied humain. Anatomie - comparée, Embryologie. Morphologie. Act. med. et chir. Pied, VIII, 16-23.
53. HARRIS, R.I. y BEATH, E. (1948). Hypermobility - Flat-Foot with Short Tendo Achillis. J. Bone. Joint. Surg., 30-A, 116-140.
54. HELLEBRANDT, F.A., TEPPER, R.H., BRAUN, G.L. y ELLICE, M.C. (1938). The location of the cardinal anatomical orientation planes passing - - through the center of weight in young adult women. Am. J. Physiol., 121, 465-470.
55. HELLEBRANDT, F.A. y BRAUN, G.L. (1939). The influence of sex and age on postural sway of man. Amer. J. phys. Anthropol. 24, 347-360.
56. HENDERSON, M.S. (1933). The human foot: functional development and weaknesses. Minn. Medicine. 16, 323-329.
57. HICKS, J.H. (1955). The foot as a support. Acta ant., 25, 34-45.
58. HICKS, J.H. (1956). The mechanics of the foot. IV. The action of muscles on the foot in standing. Acta Anat., 27, 180-192.
59. HOEFFER, P.F. (1941). Innervation and tonus of striated muscle in man. Arch. Neurol, Psychiat Chicago., 46, 947-972.
60. HOFFMANN, P. (1907). A statistical study of - the relation between the height of the longitudinal arch and the functions of the foot. Amer. Med., 13 (N.S. 2), 467-471.
61. HORA, K. (1931). Estudio de las modificaciones somáticas en los futbolistas. (En checoslovaco). Spisy lék. Fak. Masaryk, Univ., 4.
62. HOUTZ, S.J., FRANK, P. y WALSH, M. (1959). - - Electromyographic analysis of the function of the muscles acting on the ankle during weight - bearing with special reference to the triceps surae. J. Bone Joint Surg., 41-A, 1469-1481.

63. HOUTZ, S.J. y FISCHER, F.J. (1961). Function - of leg muscles acting on foot as modified by - body movements. *J. Appl. Physiol.*, 16, 597-605.
64. JACOBSON, E. (1938). *Progressive Relaxation*. - 2nd ed., 228. Chicago University of Chicago - Press.
65. JACOBSON, E. (1943). Innervation and tonus of striated muscle in man. *J. nerv. ment. Dis.*, - 97, 197-203.
66. JASPER, H.J. y FORDE, W.O. (1947). The R.C.A.M. C. electromyograph Mark III. *Canad. Res.*, 25, - 100-110.
67. JONES, R.L. (1941). The human foot. An experimental study of its mechanics, and the role of its muscle and ligaments in the support of the arch. *Am. J. Anat.*, 68, 1-39.
68. JONSSON, B. y RUNDGREN, A. (1971). The peroneus longus and brevis muscles. A roentgenologic and electromyographic study. *Electromyography*, 11, 1.93-103.
69. JOSEPH, J. y NIGHTINGALE, A. (1952). Electromyography of muscles of posture: leg muscles in - males. *J. Physiol.*, 117, 484-491.
70. JOSEPH, J., NIGHTINGALE, A. y WILLIAMS, P.L. - (1955). A detailed study of the electric potentials recorded over some postural muscles while relaxed and standing. *J. Physiol.*, 127, 617-625.
71. JOSEPH, J. y NIGHTINGALE, A. (1956). Electromyography of muscles of posture, leg and thigh muscles in women, including the effects of - - high heels. *J. Physiol.*, 132, 465-468.
72. KAPANDJI, I.A. (1970). *Cuadernos de fisiología articular*. Ed. Toray-Masson. Barcelona.
73. KAPLAN, M. y KAPLAN, T. (1935). Flatfoot: a - consideration of the anatomy and physiology of the normal foot, the pathology and mechanism - of flatfoot with the resulting Roentgen manifestations. *Radiology.*, 25, 485-491.

74. KEITH, A. (1929). The history of the human - - foot and its bearing on orthopedic practice. J. Bone Joint Surg., 11, 10-32.
75. LAKE, N. (1937). The arches of the foot. Lancet 223, 872-873.
76. LELIEVRE, J. (1962). Lésions du pied chez les dentistes. Rev. franç. Odonto-Stomat., 8, 502-508.
77. LELIEVRE, J. (1967). Pathologie du pied. Masson & Cie Ed. Paris.
78. LEROUX, COLETTE y RENOTTE, (1959), L'examen radiologique du pied. 1^{res} journées médico-chirurgicales de podologie. Lieja.
79. LINDSLEY, D.B. (1935). Electrical activity of human motor units during voluntary contraction. Amer. J. Physiol., 114, 90-99.
80. LOWMAN, C.L., COLESTOCK, C. y COOPER, H. (1926) Corrective physical education for groups., pp. 43. A.S. Barnes.
81. MAGNUS, R. (1926). Lancet., 104, 531-585.
82. MANN, R. e INMAN, V. (1964). Phasic activity - of intrinsic muscles of the foot. J. Bone Joint Surg., 46-A, 3, 469-481.
83. MANTER, J.T. (1941). Movements of the subtalar and transverse tarsal joints. Anat. Rec., 80, 397-410.
84. MARTIN, R. y SALLER, K. (1962). Lehrbuch der - Anthropologie. G. Fischer-Verlag Ed., Vol. II, pp. 1126. Stuttgart.
85. MOREAU, J. y COSTA BARTANI (1939). Estudio radiológico-clínico del pie plano. Roentgen, 2, 1: 4-38.
86. MORTON, D.J. (1930). Structural factors in - static disorders of the foot, Am. J. Surg., 9, 315-326.
87. MORTON, D.J. (1935). The human foot-its evolu-

tion, physiology and functional disorders. Columbia University Press, New York.

88. MORTON, D.J. y FULLER, D.D. (1952). Human locomotion and body form. A study of gravity and man. The Williams and Wilkins Co. Baltimore.
89. MC CONAILL, M.A. (1945). The postural mechanism of the human foot. Proc. R.I.A. Vol. L. Sect. B 14, 265-278.
90. NAPONIERLO, L.V. (1957). An electromyographic study of certain leg muscles in the easy standing position. Amer. Ass. Anat., 127, 339-340.
91. NESOVIC, B., KENIG, I., ZLATIC, M. y NEDELJKO - VIC, J. (1973). Changes on the foot arches in professional sportsmen. Act. med. et chir. Pied VIII-12, 176-177.
92. NIZANOVSKY, C. y WANKE, A. (1960). Der Fuss - Schlenwölbungsindex bei berücksichtigten Sportdisziplinen. Sportärztl. Prax., 13, 169-175.
93. NOVOENY, V. y TAMASSYOVA, E. (1966). La bóveda plantar de los ciclistas de largo recorrido en la categoría de rendimiento máximo. (checoslova co). Telovych. Sbornik., 9, 247-254.
94. NOVOZAMSKY, V. y BUCHBERGER, J. (1970). Die Fußwölbung nach Belastung durch einen 100 Km-Marsch. Z. Anat. Entwickl.-Gesch., 131, 243-248.
95. O'CONNELL, A.D. (1958). Electromyographic study of certain leg muscles during movements of the free foot and during standing. Am. J. Physiol. - Med., 37, 289-301.
96. OLIVIER, G. (1965). Anatomie Anthropologique. - Vigot Frères, Edt. París.
97. OOTA, Y. (1956). a) Electromyography in the study of clinical Kinesiology. Kyushu. J.M. Sc., 7, 75-91.
- Bis.97. OOTA, Y. (1956). b) Electromyography in the practice of orthopedic surgery. Kyushu, J.M.Sc., 7, 49-62.

98. ORTOS LLORCA, F. (1959). Anatomía humana (Tomo I). pp. 487-488. Ed. Científico Médico. Madrid.
99. PAUWELS, F. (1950). Die Bedeutung der Bauprinzipien der unteren Extremität für die Beanspruchung des Beinskelets. Z. Anat. 114, 525-538.
100. POIRIER, P. y CHARPY, A. (1911). Traité d'Anatomie Humaine Masson et Cie. Paris.
101. PFEIFERS, W.M. y KIRPHUTH, R.J. (1932). The diagnosis and Treatment of Pastural Defects. p.p., 106. C. Thomas.
102. RALSTON, H.J. y LIBET, B. (1953). The question of tonus in skeletal muscle. Amer. J. phys. Med. 32, 85-92.
103. REICHMANN, S. y JONSSON, B. (1967). Contrast - radiography with carbon dioxide for the location of intramuscular EMG electrodes. Electromyography, 7, 103-124.
104. ROGERS, F.R. (1932). Fundamental Administrative Measures in Physical Education, pp. 155. - Pleiades Co.
105. ROIG PUERTA, J. (1956). Nouvelle technique d'exploration du Pied. Le radiophotopodogramme. - Rev. de Podologie, Jul, 14.
106. ROIG PUERTA, J. (1958). Estudio Anatómico-funcional del Astrágalo. Tesis Doctoral. Barcelona.
107. ROIG PUERTA, J., VILADOT, A. y ESCARPENTER, J. (1959). Biomecánica astragalina. Bar. Quir., 3, 195-211.
108. ROIG PUERTA, J. y VILADOT, A. (1962). Exploración del pie cavo con el radiofotopodograma. Podología, 11: 36.
109. ROUX, W. (1895). Gesammelte Werke. Engelmann, Leipzig.
110. SANCHIS OLMOS, V. y LEON, F. (1959). La mecánica del aparato locomotor y su exploración funcional. Ed. Científico-Médica. Madrid.

111. SCHWARTZ, R. y THOMPSON, L. (1928). Studies - in Physical Development and Posture. U.S. Public Health Bull., 179-23.
112. SHEFFIELD, F.J., GERSTEN, J.W. y MASTELLONE, A. F. (1956). Electromyographic study of the muscles of the foot in normal walking. Am. J. - - Phys. Med., 35, 223-236.
113. SHERRINGTON, C.S. (1948). The Integrative Action of the Nervous System. (2ª ed.). New Haven, Yale Univ. Press.
114. SMIRAK, J. (1960). Contribución a la problemática de los pies planos en la juventud escolar y trabajadora (checoslovaco). Acta Univ. Pal. Olm. Biol. I. Suppl.
115. SMITH, O.C. (1934). Action potentials from - single motor units in voluntary contraction. Amer. J. Physiol., 108, 629-638.
116. SMITH, J.W. (1954). Muscular control of the - arches of the foot in standing. J. Anat. Lond. 88, 152-163.
117. SMITH, J.W. (1957). The Forces operating at the human ankle joint during standing. J. Anat., 91 545-564.
118. SSELZNER, F. (1942). Der Fuß im Stand und Marsch. Anatomischen Institut der Universität Würzburg. Z. Anat. 112, 229-244.
119. TESTUT, L. LATAJET, A. (1961). Tratado de Anatomía Humana. Salvat Editores, S.A. Madrid.
120. TIMMER, H. (1935). Statik und Mechanik des Fußes beim Stehen und Gehen in Schuhen ohne Absätze - und mit Absätzen. Zeitschrift f. Orthopädische - Chirurgie., 63, 227-262.
121. TOKIZANE, T., MURAO, M., OGATA, T. y KONDO, T. - (1951). Jap. J. Physiol., 2, 130-146.
122. TSCHOGOVADZE, A.V. y PLACHERA, Z. (1965). Die - Fussgewölbe bei Sportlern der höheren Leistungs - klassen. Med. u. Sport., 5, 92-98.

123. UNIVERSITY OF CALIFORNIA. (1947). Prosthetic Devices Research. Project. Vol. 1, Subcontractor's - Report on Fundamental Studies of Human Locomotion and Other Information Relating to the Design of Artificial Limbs Covering the Period from September, 1945, Through June, 1947. Berkeley.
124. VILADOT, A. (1954). Nuevo metodo de exploración estática del pie: el fotopodograma. *Clín. y Lab.* 57, 14-117.
125. VILADOT, A. (1974). Patología del antepie, pp. - 25-40. Ed. Toray. Barcelona.
126. VILADOT, A. y TRONCOSO, J. (1964). Metatarsalgia. (Ponencia al X Congreso Nacional de la S. E.C.O.T.). *Rev. Ortop. Trun.*, 9 IB.
127. VILLA, J. de la (1948). Lecciones de Anatomía Topográfica. Miembros (Tomo VI). Madrid.
128. WEDDELL, G., FEINSTEIN, B. y PATTLE, R.E. (1944) The electrical activity of voluntary muscle in man under normal and pathologic conditions. - *Brain*, 67, 178-257.
129. WELLS, H.S. (1944). *Science*, 99:36.
130. WILLIS, T.A. (1935). The function of the long planter muscles. *Surg. Gyn., and Obs.*, 60, 150-156.
131. WOOD JONES, F. (1949). Structure and Function as seen in the Foot. London.
132. WRIGHT, W.G. (1928). Muscle Function. Paul B. Hoeber, Inc. New York.
133. WRIGHT, D.G., DESAI, S.M. y HENDERSON, W.H. - (1964). Action of the Subtalar and Ankle-Joint Complex During the Stance Phase of Walking. *J. Bone Joint Surg.*, 46-A, 361-382.
134. ZARNACH, Z. (1961). Klinische und röntgenologische Veränderungen des Fußes bei älteren Fußballspielern. *Sportärztl. Prax.*, 2, 50-51.