

ESTUDIO DE LA CARGA Y APOYO METATARSAL MEDIANTE PODOSCOPIO ELECTRÓNICO

* SERVICIO DE TRAUMATOLOGÍA Y CIRUGÍA ORTOPÉDICA
HOSPITAL MIGUEL SERVET.
JEFE DE SERVICIO: A. HERRERA
** GRUPO DE BIOINGENIERÍA. ÁREA DE TECNOLOGÍA
ELECTRÓNICA. CENTRO POLITÉCNICO SUPERIOR
DE INGENIEROS. ZARAGOZA

* A. TABUENCA
*J. DOMINGO
** J.E. LÓPEZ SOLER
* J. M.^a PÉREZ GARCÍA
** C. ORRITE
*A. CALVO
* J. MARTÍNEZ VILLA

RESUMEN

Se realiza un estudio del apoyo metatarsal, recogiendo la carga plantar, por medio de un podoscopio electrónico de sensores piezoresistivos, de alta resolución (matriz de 2048 captosres), prototipo desarrollado conjuntamente con el Área de Tecnología Electrónica del Centro Politécnico Superior de Ingenieros.

Para ello, se han realizado cinco registros por cada pie estudiado, en cincuenta pacientes, modificando la posición estática y relacionando la carga obtenida con el peso, configuración mecánica del pie, huella plantar y posición adoptada (variantes de bipedestación y apoyo monopodal). Los resultados obtenidos se han procesado estadísticamente por medio del programa SPSS.

Aunque no hay diferencias significativas en la configuración de la huella plantar, sí se obtienen en la carga ejerci-

da por cada metatarsiano, en función de la postura de apoyo adoptada en los diferentes registros.

La utilización del prototipo desarrollado cuantifica la carga de cada metatarsiano con una resolución cuatro veces mayor que las plataformas actuales y recoge las variaciones del apoyo puntuales correspondientes a la presión de la cabeza del metatarsiano, permitiendo plantear adecuadamente el tratamiento ortopédico o quirúrgico en la patología metatarsal.

INTRODUCCIÓN

La mayor parte de los autores coinciden en la importancia de poder disponer de métodos de estudio y diagnóstico, capaces de registrar el valor de las presiones en cualquier punto de la huella plantar. De esta forma, se reflejan de una manera más fiel las modalidades de carga de los pies, estando en condiciones de interpretar sin errores los trastornos estáticos y funcionales de los pies.

Proyecto Coordinado de Investigación, subvencionado por la DGICYT PM91-0142-C02.

En la última década las investigaciones han dirigido sus esfuerzos a perfeccionar los sistemas de medida de presión plantar y estudio de la marcha, gracias al gran desarrollo tecnológico.

La aparición de nuevos materiales en la industria electrónica, más fiables y económicos, que permiten medidas diferenciadas y exactas de las presiones en puntos próximos, posibilita la obtención de medidas más precisas y fáciles de interpretar. De este modo, los avances en la baropodometría electrónica permiten conocer la distribución de presiones en la huella plantar y por lo tanto medir más exactamente la transmisión de cargas en el antepié, que los métodos clásicos. Su aplicación en el estudio del apoyo metatarsal en bipedestación supone un avance en la interpretación del comportamiento mecánico de los metatarsianos en carga.

Así pues, se propone un método para el estudio del apoyo metatarsal, recogiendo la carga plantar, por medio de un podoscopio electrónico de sensores piezoresistivos, de alta resolución (matriz de 2048 captosres), prototipo desarrollado conjuntamente con el Área de Tecnología Electrónica del Centro Politécnico Superior de Ingenieros (25), proyecto financiado por la Dirección General de Investigación Científica y Técnica.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para ello, se han realizado registros de ambos pies, en 50 sujetos no seleccionados, entre el personal sanitario del Centro, con edades comprendidas entre 24 y 41 años (edad media de 28,86).

A todos ellos, se les ha realizado una exploración clínica, recogiendo la huella plantar en el podoscopio convencional, una exploración radiológica en carga, con objeto de apreciar la fórmula metatarsal y medir el ángulo de Costa Bertani.

En el podoscopio electrónico se obtuvieron registros para cada pie en las siguientes posiciones: colocación normal en bipedestación, similar a la adoptada en el podoscopio convencional; apoyo monopodal («a la pata coja», permitiendo el soporte con las manos en una barra, para facilitar el equilibrio del individuo); posición con los dos pies contactando juntos; disposición con los pies separados un metro.

El software creado en entorno Windows, de fácil manejo, proporciona para cada registro: un histograma de los centros de presión; las coordenadas del centro de presión; la carga estimada soportada por el pie, con su distribución en el antepie y en el talón, conociendo en cualquier punto señalado por el ratón, la carga ejercida en Kg/cm^2 . Así mismo, posibilita la sección del corte seleccionado a nivel de las cabezas de los metatarsianos, con el porcentaje de carga transmitida por cada una de ellas. Además como aconseja Viladot se ha valorado el apoyo de los dedos.

De esta forma con los datos obtenidos se ha creado una base de datos, procesando los resultados por medio del paquete estadístico SPSS. Para la comparación de los valores de carga metatarsal obtenidos en las diferentes posturas de apoyo, se ha utilizado el test de Fiedman, que es un test no paramétrico (ya que la distribución no es normal o paramétrica) y para especificar más, se ha aplicado un test de Wilcoxon entre cada dos grupos (posiciones de registro). Para ver si las diferencias entre los valores de carga a nivel de los metatarsianos eran significativas en relación con el sexo, la huella y la fórmula metatarsal, se ha utilizado el test de Mann Whitney.

RESULTADOS

En 32 personas la huella era normal, 16 presentaban un pie cavo y 2 un pie plano. El peso medio ha sido de 68,62, con un mínimo de 42 y un máximo de 79 kilos. El

ángulo medio de Costa Bertani ha sido de 122,3, variando entre 112 y 136. El valor medio del índice de Chippaux ha sido de 30,49 y 0,44 para el de Staheli.

En 6 sujetos el pie era de tipo cuadrado, griego en 8 y egipcio en 36. En relación con la fórmula metatarsal 21 fueron index plus minus, 18 índice minus y 11 índice plus.

En relación con los registros obtenidos con el podoscopio electrónico, la carga estimada para los distintos grupos de estudio fue de: 53,5 para el primero, 82,2 para el segundo y 52,6 y 55,2 para el tercero y cuarto grupos.

La carga transmitida al antepié fue de 41,7, 49,4, 43,3 y 42,1 en cada grupo y el resto complementario: 58,3, 50,6, 56,7 y 57,9 la carga ejercida a través del retropié (Figura 1). El histograma de los puntos de presión muestra unas cifras de 223,6 en las tomas en posición normal, 288,7 en el apoyo monopodal, 226,4 con los pies juntos y 237,3 con los pies separados.

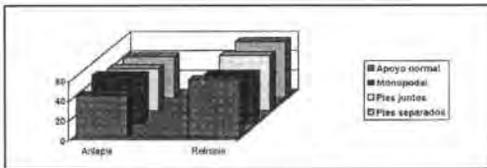


Fig. 1. *Porcentaje de carga transmitida al antepié y retropié.*

El apoyo de los dedos, resultó casi completo (media de 4,7) en el segundo grupo, siendo en el resto, 3. La media de apoyo de los dedos con cifras valorables de presión. En un 15% alcanzan valores de presión de la cabeza de los metatarsianos, aumentando su frecuencia al 40% cuando el apoyo fue monopodal. En estos casos, la carga metatarsal disminuye significativamente ($p < 0,01$).

La carga puntual de la cabeza de los

metatarsianos cifrada en porcentaje relativo a la carga total ejercida en el antepié, se muestra en la figura 2, pudiéndose ver un predominio de la carga central en todos los grupos del presente estudio (Figura 3). Sólo en el lote segundo, el apoyo del primer meta tiende a equilibrarse con la paleta central.

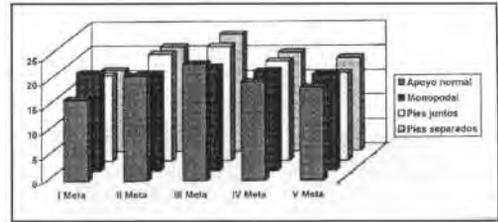


Fig. 2. *Porcentaje de la carga a nivel de la cabeza de los metatarsianos.*

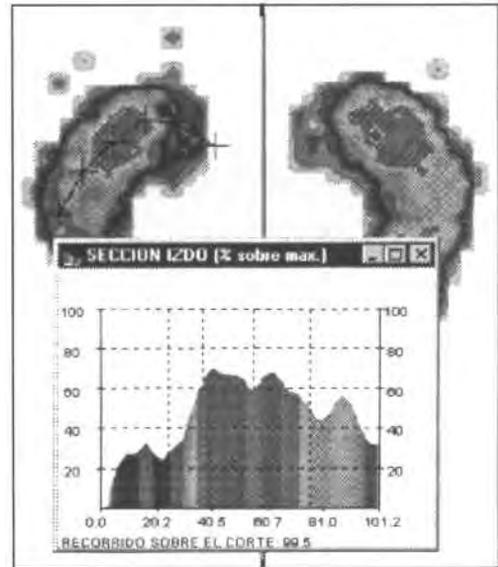


Fig. 3. *Predominio de la carga central.*

La tabla 1 muestra los valores medios de carga de cada uno de los metatarsianos, en relación con la posición de registro.

El análisis estadístico de los resultados obtenidos muestra las diferencias más significativas, $p < 0,001$, para la presión ejercida por el I y III metatarsianos, con

apoyo monopodal, en relación con los otros grupos, presentando un desplazamiento de la carga hacia la columna interna (Figura 4). En menor grado, para el segundo metatarsiano, $p < 0,05$ y $p < 0,01$. No hay diferencias significativas entre los diferentes grupos de apoyo para el cuarto y quinto metatarsianos.

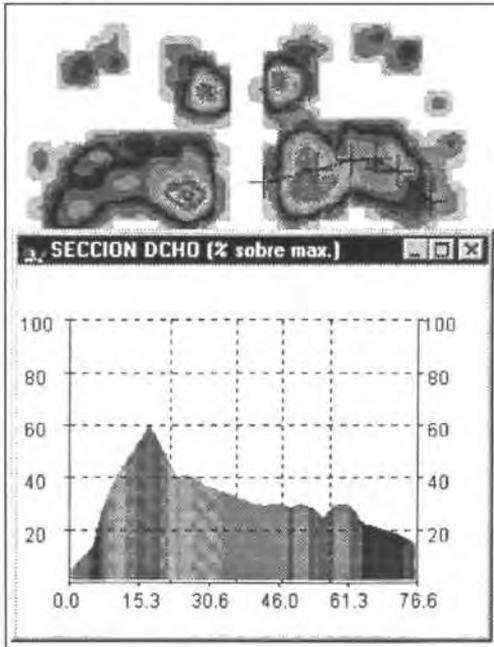


Fig. 4. Desplazamiento de la carga hacia la columna interna en apoyo monopodal.

Los registros correspondientes de la presión de carga metatarsal según el sexo, muestra un predominio central con valores mayores del apoyo del segundo, tercer y quinto metatarsianos en las mujeres (Tabla 2). A nivel de la primera y cuarta cabeza la carga resulta mayor en los varones. Estadísticamente las diferencias son significativas para el primero, tercero y cuarto metatarsianos.

En la tabla 3 se muestran los valores medios de carga a nivel de los metatarsianos y desviaciones standar en relación a la huella plantar, señalando si las diferencias de estos valores son estadísticamente signi-

ficativas. Se han excluido los registros de pies planos al ser una muestra pequeña (16 registros). En ambos grupos existe un predominio del apoyo central, aunque este predominio se acentúa en el caso de los pies cayos, mientras la carga a nivel del primer metatarsiano disminuye en este grupo, aumentando en los pies con huella normal, con diferencias estadísticamente significativas, sobre todo para el primer y tercer metatarsianos. El apoyo a nivel del cuarto metatarsiano es mayor en el grupo de huella normal. Las diferencias encontradas para los valores de carga a nivel del quinto metatarsiano no son estadísticamente significativas. La posición adoptada para la exploración no influye en la huella plantar, pero sí lo hace en las presiones transmitidas.

El apoyo metatarsal en relación con la fórmula del pie puede verse en la tabla 4. Existen diferencias estadísticamente significativas en el apoyo del primero, segundo y quinto metatarsianos, entre el grupo índice plus y los otros grupos, siendo la carga mayor en la primera cabeza con fórmula índice plus y menor en la quinta. También existe un predominio central del apoyo en todos los grupos, aunque la carga a nivel del tercer metatarsiano es mayor en los pies con fórmula metatarsal índice minus, con diferencias significativas en relación con los otros tipos de fórmula. A nivel del segundo y cuarto, las cifras más altas se obtienen con la fórmula índice plus y diferencias significativas con los otros tipos de fórmula.

Por último, la relación entre la carga transmitida al antepié, el apoyo de los metatarsianos y la anchura del registro se muestra en la tabla 5, considerando significativa la relación si $p < 0,05$. Existe una correlación significativa para el primer y el tercer metatarsianos, con signo negativo para el tercero, es decir, al aumentar la carga disminuye el apoyo de la cabeza de forma proporcional. También es significativa la correlación entre la carga y la anchura del registro en el antepié.

	A		B		C		D	
	Media	D.S	Media	D.S	Media	D.S	Media	D.S
I	16'32	5'2	19'79	7'1	17'23	4'8	16'32	5'2
	_____		***	_____				_____
				_____		**	_____	

II	21'11	3'6	19'65	5'3	21'64	4'2	21'11	3'6
	_____		*	_____				_____
				_____		**	_____	

III	23'71	3'2	20'98	3'4	23'19	3'7	23'71	3'2
	_____		***	_____				_____
				_____		***	_____	

IV	19'93	3'6	20'16	3'6	20'19	3'9	19'93	3'6
V	18'78	5'8	19'37	7'5	17'65	5'8	18'78	5'8

Tabla 1. Medidas de los porcentajes de carga a nivel de las cabezas de los metatarsianos en los diferentes apoyos: A. Apoyo normal. B. Apoyo monopodal. C. Pies juntos. D. Pies separados, indicando si las diferencias entre los diferentes grupos son significativas: * $p < 0,05$, ** $p < ,01$ y *** $p < 0,001$.

	I		II		III		IV		V	
	Media	D.S	Media	D.S	Media	D.S	Media	D.S	Media	D.S
Varones	18'01	5'4	20'73	4'1	22'16	3'2	20'56	3'5	18'42	6'3
	_____		*	_____		*	_____		*	_____
Mujeres	16'12	6'4	21'18	4'6	24'49	3'8	18'93	3'7	19'14	6'1

Tabla 2. Valores medios del apoyo metatarsal, en varones y mujeres (* $p < 0,001$).

	I		II		III		IV		V	
	Media	D.S	Media	D.S	Media	D.S	Media	D.S	Media	D.S
Normal	18'13	6'1	20'21	3'8	22'12	3'3	20'37	3'6	19'04	6'4
	_____		**	_____		*	_____		**	_____
Cavo	16'06	5'4	21'71	4'8	24'39	3'9	19'32	3'8	18'39	5'9

Tabla 3. Valores medios del porcentaje de carga a nivel de las cabezas de los metatarsianos, en pies con huela normal y pies cayos, (* $< 0,01$, ** $< 0,001$).

	Index plus		Index plus minus		Index minus	
	Media	D.S	Media	D.S	Media	D.S
I	20'27	5'2	15'71	4'7	17'65	6'5
	**				*	
					**	
II	22'33	3'5	19'95	4'2	21'05	4'5
	**				*	
					*	
III	22'09	2'9	22'17	3'2	24'24	4'1
					**	
					**	
IV	21'31	3'9	19'96	2'9	19'38	3'9
	*					
					**	
V	13'86	2'4	22'11	6'1	17'53	5'7
	**				**	
					**	

Tabla 4. Valores medios del porcentaje de carga a nivel de las cabezas de los metatarsianos, en pies con los diferentes tipos de fórmula metatarsal, (* $p < 0,01$, ** $p < 0,001$).

CARGA	Coefficiente de correlación
I	0'25713 *
II	0'0161
III	- 0'14336 *
IV	- 0'04351
V	- 0'05519
Anchura antepié	0'42661 *

Tabla 5. Correlación entre la carga transmitida al antepié, apoyo metatarsal y anchura del mismo, (* $p < 0,05$).

DISCUSIÓN

En relación con la existencia o no del llamado arco transversal anterior del pie, los autores clásicos manifestaban que los apoyos anteriores del pie se localizaban en la cabeza del primero y quinto radios y entre ambos se hallaría el arco transversal anterior (5, 10, 13, 17). Para Lelièvre (17), el arco anterior tendría dos apoyos inmediatos, el primero y el quinto, y tres

apoyos mediatos que aparecen con la carga, el segundo, tercero y cuarto. El mismo Hohmann (13) afirma, que el hundimiento del arco plantar anterior no consiste en un descenso plantar de los metatarsianos centrales, sino, por el contrario, en una elevación del primer metatarsiano. Existen autores que defienden el apoyo de los metatarsianos centrales (9, 12). Momburg (20), Beely (22) citan el apoyo en las cabezas del 2.º y 3.º. Muskat (22) afirma que el segundo metatarsiano recibe una mayor sobrecarga. Para Pisani (26), son los cuartos radios los que más carga soportan; en estación monopodal, la carga se repartiría entre el primero y el cuarto metatarsianos. En estudios tomográficos, Ramos Cristóbal (27) afirma que apoyan el 1.º, 4.º y 5.º y posteriormente Sorolla (31) objetiva la existencia del arco transversal, aunque sostiene que todos los radios soportan carga. Para Staudinger (32), los puntos de máxima presión son el talón y la cabeza del primer metatarsiano; los demás metatarsianos también contribuyen a la sustentación, aunque las fuerzas disminuyen de la cabeza del primero al quinto. Desde los trabajos de Morton (21) la inmensa mayoría de los autores (3, 6, 14, 16, 33), admite que todos los metatarsianos soportan carga. Martorell (19) comprueba el equilibrio frontal en carga en el baropodómetro de su invención, utilizando pistones hidráulicos, y Steinfort (34) con captosres eléctricos. Stroescu (35) con captosres piezoeléctricos, base de la baropodometría electrónica actual, demuestra la carga de todos los metatarsianos, con mayor intensidad en el primero.

En el momento actual, se considera como refiere Viladot (36, 37) que todos los metatarsianos apoyan en bipedestación. En su porción media, según Hendrix (11), el pie actuaría como una barra de torsión, que en su porción o barra anterior estaría formada por el eje del 2.º y 3.º metatarsianos. Como hicieron notar De Doncker y Kowalski (3), esta paleta media metatar-

sal coincide con el eje geométrico, anatómico, estático y dinámico del antepié.

En conjunto, pues, el antepié se encontraría formado por una paleta central relativamente fija y por dos paletas laterales estabilizadoras, cada una con su musculatura independiente. Durante el balanceo normal del cuerpo humano y en la adaptación al terreno, el pie se acomoda a través de la movilidad de los elementos laterales. En estudios EMG (1, 7, 37), es la sobrecarga o el cambio de posición, el simple balanceo fisiológico del cuerpo, lo que fuerza la contracción muscular. La actividad muscular aumenta notablemente en apoyo monopodal (23, 37). Como recoge Viladot (37), basta modificar la posición de la planta del pie para que cambien los músculos contraídos. No existe, por lo tanto, la posición de reposo absoluto, siendo la adaptación variable de las paletas laterales, la que determina la distribución de la carga en los metatarsianos. Smith (30) habla del *dynamic standing* frente al *static standing*. En condiciones normales, aun guardando una aparente movilidad, la mayor parte del peso del cuerpo descansa alternativamente en uno y otro pie (37). Así, la distribución del peso en ambos pies encontrada, nunca ha sido del 50%.

En el presente estudio, queda manifiestamente comprobado, que todas las cabezas participan en el apoyo del antepié, encontrando un predominio del apoyo central. En este sentido, debemos distinguir dos conceptos diferentes en el comportamiento biomecánico de los metatarsianos. En primer lugar, el peso que soporta cada metatarsiano: si valoramos el número de sensores estimulados por cada metatarsiano (superficie de apoyo) y su carga, el primer metatarsiano soporta aproximadamente 1,5 en relación con el resto, sin alcanzar el doble de la carga descrito por Morton (21). En segundo lugar, la carga puntual ejercida por unidad de superficie (Kg./cm²) a nivel de

cada cabeza metatarsal: el primer metatarsiano más grueso que el resto transmite más carga, pero la presión ejercida por unidad de superficie a nivel de la cabeza es menor. En todos los grupos existe un predominio del apoyo central. Sólo en el grupo de apoyo monopodal, donde aumenta la sobrecarga en el antepié, las cifras (Kg./cm²) correspondientes a la cabeza del primero aumentan y tienden a equilibrarse con las centrales. Existe en este grupo un desplazamiento de la carga hacia la columna interna, que estaría relacionada con el comportamiento biomecánico del pie en sobrecarga o en la marcha (18, 28, 29, 37).

El predominio del apoyo central se produce también si analizamos los resultados en relación con la huella, fórmula metatarsal y sexo. En relación con la huella, los valores más altos de sobrecarga central se dan en el pie cavo, con un desplazamiento de la carga hacia la columna interna para el pie con huella normal.

La fórmula metatarsal también influye en el apoyo metatarsal, registrando mayor carga el I y II cuando el primer metatarsiano es más largo (*índex plus*) y mayor sobrecarga central si es más corto (*índex minus*).

En relación con el sexo, la mayor carga del III metatarsiano en las mujeres, puede explicar el predominio de las metatarsalgias en las mujeres (36). Si bien existe una predisposición congénita, se descompensa en una proporción mucho mayor en la mujer.

La disminución de la presión ejercida por el metatarsiano, encontrada cuando apoyan los dedos alcanzando valores de presión metatarsal, demuestra la importancia que Viladot (36, 37) da al apoyo de los dedos.

Por otra parte, la huella plantar no cambia en función de la postura, lo que habla en favor de la bóveda plantar como

una estructura perfectamente estable que no se modifica por los efectos de la carga, coincidiendo con las mismas afirmaciones obtenidas por Del Corral, Gómez Pellico y Forriol (4), tras probar que la huella no se modifica con la sobrecarga de la actividad diaria. El valor medio del índice de Chippaux es intermedio, entre la media 27,1 de Laclérga y Cara (15) y la media 34,15 de Gómez Pellico y cols. (8). El índice del arco de Staheli obtenido es similar. Los mayores valores de carga en retropié, se sitúan entre los descritos por Padovani (24), muy próximos en apoyo monopodal, y los dados por Viladot (37).

De todas formas, los registros obtenidos ofrecen grandes diferencias individuales de unos sujetos a otros, lo que queda reflejado en las desviaciones obtenidas en los sujetos estudiados. En algunos casos, las cifras obtenidas y la configuración evidencian una mala adaptación, y posiblemente sean casos previos a cuadros clínicos patológicos en relación con el apoyo plantar, permitiendo de esta forma, un diagnóstico precoz y medidas preventivas.

CONCLUSIONES

- No existe un apoyo estático riguroso. El pie es dinámico y funcional en el apoyo.

- Las plataformas de alta resolución permiten diferenciar el peso transmitido de la carga puntual (Kg./cm^2) ejercida por cada metatarsiano.

- Todos los metatarsianos participan en el apoyo del antepié, aunque en el presente estudio existe un predominio de la carga ejercida (Kg./cm^2) por los metatarsianos centrales.

- En situación de sobrecarga (apoyo monopodal), existe un desplazamiento de la distribución de la carga hacia la columna interna.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) BASMAJIAN, J.V.; STEKO, G.: «The role of muscles in arch support of the foot. An electromyographic study». *J. Bone Jt. Surg.*, 45A: 1184. 1963.
- (2) BEELY: Citado por Hohmann.
- (3) DE DONKER, E.; KOWALSKY, C.: «Le pied normal et pathologique». *Acta Med. Belg.*, 36,4-5,1970.
- (4) DEL CORRAL, A.; GÓMEZ PELLICO, L.; FORRIOL, F.: «Variaciones de la huella plantar con la actividad diaria». *Rev. Med. Cir. Pie*, II, 2: 25-28, 1988.
- (5) DU VRIES, H.L.: «Surgery of the foot». C.V. Mosby, San Luis, 1959.
- (6) GIANNISTRAS, N.J.: «Trastornos del pie». Salvat: 15-18. Barcelona, 1979.
- (7) GÓMEZ PELLICO, L.; LLANOS ALCAZAR, L.F.: «Los factores activos de la bóveda plantar. Análisis electromiográficos». *Rev. Ortop. Traum.*, 17 IB, 1: 101, 1973.
- (8) GÓMEZ PELLICO, L.; LLANOS ALCAZAR, L.F.; RUBIO, J.M.: «Análisis estadístico de la anatomía de la bóveda plantar mediante el fotopodograma». *Rev. Ortop. Traum.*, 17 IB, 3: 561-574, 1973.
- (9) GRAEPER: Citado por Hohmann.
- (10) HAUSER, D.W.: «Enfermedades del pie». Salvat, Barcelona, 1953.
- (11) HENDRIX, G.: «Pathogénie des déformations statiques des oûtres du pied». *Bull. Soc. Belge d'Orthop.*, VI, 3, 1934.
- (12) HOFFA: Citado por Lelièvre.
- (13) HOHMANN, G.; STUMPF: «Orthopädische Gymnastik». Georg Thieme. Leipzig, 1933.
- (14) KELLIKIAN, H.: «Hallux valgus, allied deformities of the forefoot and

metatarsalgia». 2F-B. Saunders Co. Filadelfia, 1965.

(15) LACLERIGA, A.F.; CARA, J.A.: «Estudio comparativo de parámetros morfológicos, radiológicos y de la huella plantar, en el pie no patológico». Rev. Med. Cir. Pie, IV, 2: 5-10, 1990.

(16) LAKE, N.: «The foot». Williams & Wilkins Co., Baltimore, 1952.

(17) LELIEVRE, J.: «Patología del pie». Toray-Masson, S.A.: 35-49. Barcelona, 1976.

(18) LLANOS ALCÁZAR, L.F.; FERNÁNDEZ BAIRÉN, M.; NÚÑEZ SAMPER, M.: «Anatomía funcional del pie (Biomorfología y Biomecánica)». Rev. Med. Cir. Pie, II, 2:17-23,1988.

(19) MARTORELL, J.: «Semelles orthopédiques pour métatarsalgies». Podologie, II: 175, 1963.

(20) MOMBURG: Citado por Hohmann.

(21) MORTON, D.: «The human foot». Columbia University Press. New York, 1984.

(22) MUSKAT: Citado por Hohmann.

(23) NÚÑEZ SAMPER, M.: «Análisis anatomofuncional y estadístico de los sistemas estáticos de la bóveda plantar en el pie plano». Rev. Med. Cir. Pie, 1, 1: 44-45,1987.

(24) PADOVANI: «Physiologie du pied, pied plat, valgus douloureux». Traité Chir. Orthop., tomo V Masson. París, 1937.

(25) PÉREZ GARCÍA, A. J. M.; LÓPEZ SOLER, J.E.; MARTÍNEZ VILLA, J.; ORRITE, C.; PÉREZ SERRANO, L.; MARTÍNEZ ITURBE, A.: «Utilización de sensores piezoresistivos para el cálculo de presiones plantares». Rev. Med. Cir. Pie, VII, 1: 103-106,1993.

(26) PISANI, G.: «Biodinámica dell'avampiede». Min. Ort., 26: 590-598, 1975.

(27) RAMOS CRISTÓBAL, J.A.: «El arco transversal del pie». Tec. Ort.: 77, 1977.

(28) SAN GIL, A.; FORRIOL CAMPOS, F.; GÓMEZ PELLICO, L.: «Análisis de la distribución de los centros de presión sobre la huella plantar». Rev. Med. Cir. Pie, 111, 1: 7-12,1989.

(29) SAN GIL, A.; GÓMEZ PELLICO, L.; FORRIOL, F.; DÍEZ ULLOA, A.: «Análisis dinámico de la marcha: estado de la influencia del calzado en los centros de presión sobre la huella plantar». Rehabilitación, 27, 3. 192-199, 1993.

(30) SMITH, J.W.: «THE ACT STANDING». ACTA ORTHOP. SCAND., V, 2: 159, 1953.

(31) SOROLLA, J.F.: «Contribución al conocimiento de la anatomía estática del primero y segundo radios del pie mediante tomografía». Rev. Med. Cir. Pie: III, 2: 75-85,1989.

(32) STAUDINGER: Citado por Hohmann.

(33) STEINDLER, T.: «Kinesiology». Charles C. Thomas. Publisher, Illinois, 1955.

(34) STEINFORT, G.: «Estudio de las metatarsalgias con el electropodómetro». X Congreso del Colegio Internacional de Podología. Buenos Aires, 1973.

(35) STROESCU, L.: «La valeur de la baro-podologie dans le diagnostic fonctionnel podologique et dans la prevention des lesions et des deformations du pied». Actual. Méd. Chir. Pied, 8, 2-29, 1973.

(36) VALENTI, V.; VILADOT, A.: «Principios de biomecánica del antepié». Rev. Med. Cir. Pie: IV, 1: 9-12,1990.

(37) VILADOT, A.: «Biomecánica: estática y exploración». En *Patología del antepié*. Ed. Toray, S.A.: 29-54, Barcelona, 1984.