

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MORFOLÓGICAS Y CIRUGÍA  
UNIVERSIDAD DE ALCALÁ DE HENARES

## Relación entre diferentes parámetros radiológicos de la huella plantar en el pie

C. DANCLOFF; F. FORRIOL; L. GOMEZ PELLICO

### RESUMEN:

Los autores han efectuado un estudio estadístico en 34 sujetos de ambos sexos con edades comprendidas entre 16 y 59 años, con una edad media de 28,9 años, de diferentes ángulos radiográficos sagitales del pie en carga (ángulos A, B, C y D de MOREAU; ángulo calcáneo-astragalino; ángulo medio-tarsiano y ángulo calcáneo-metatarsiano) y de diferentes parámetros obtenidos en la huella plantar de los mismos sujetos (ángulos de SCHWARTZ y CLARKE e índices de CHIPPAUX y STAHÉLI), obteniendo sus valores medios en ambos pies y la posible relación que existe entre los parámetros radiológicos y de la huella plantar en los pies de ambos lados.

Los parámetros más y mejor correlacionados son el índice de CHIPPAUX, el índice de STAHÉLI y los ángulos C y D descritos por MOREAU.

Descriptores: Pie. Radiología del pie. Huella plantar.

### SUMMARY:

Footprints and radiographs were made of both feet of 34 normal adults who ranged in age from 16 to 59 years (mean; 28,9 years). Various sagittal angles and footprints index were measured (A, B, C, D angles of MOREAU; talo-calcaneal angle; midtarsal angle; first metatarsal-calcaneal angle; SCHWARTZ angle; CLARKE angle; CHIPPAUX index and arch index from STAHÉLI).

Statistical parameters which are better and more significantly correlated are the CHIPPAUX index; the arch index from STAHÉLI and the C and D angles described by MOREAU and COSTA-BERTANI.

Key words: Foot. Foot radiology. Footprints.

### Introducción

En la patología y morfología del pie han jugado un papel importante el estudio de diferentes parámetros (ángulos, índices, líneas,...) obtenidas a partir de la radiología y de la huella plantar. Sin embargo, a pesar de ser muchas las referencias efectuadas en la bibliografía de estos parámetros, es un error muy divulgado intentar definir el pie por uno sólo de ellos.

Fueron SCHWARTZ y cols., 1928 (1), los primeros que trazaron un ángulo sobre la huella plantar con objeto de estudiar la patología del

pie. En 1932, WISBRUN (2), cuantifica los cambios radiológicos del pie midiendo el ángulo astrágalo-calcáneo. En 1937 y 1939, COSTA-BERTANI y MOREAU (3, 4), definen cuatro ángulos radiológicos sagitales del pie en carga para estudiar el aplanamiento o pronunciamiento de la bóveda longitudinal del pie. Desde entonces son muchos los métodos radiológicos y de la huella plantar descritos para tipificar la morfología del pie y para diagnosticar el pie patológico. No se debe olvidar que todos los métodos descritos son

imágenes bidimensionales que tratan de reflejar una estructura tridimensional.

El propósito de nuestro trabajo es establecer el estudio de algunos parámetros obtenidos de la radiología del pie o de la huella plantar para conocer la posible correlación existente entre cada uno de ellos. Si un ángulo radiológico señala un mayor o menor aplanamiento de la huella plantar deberá estar fuertemente correlacionado con otro índice o ángulo radiológico o de la huella plantar que indique lo mismo.

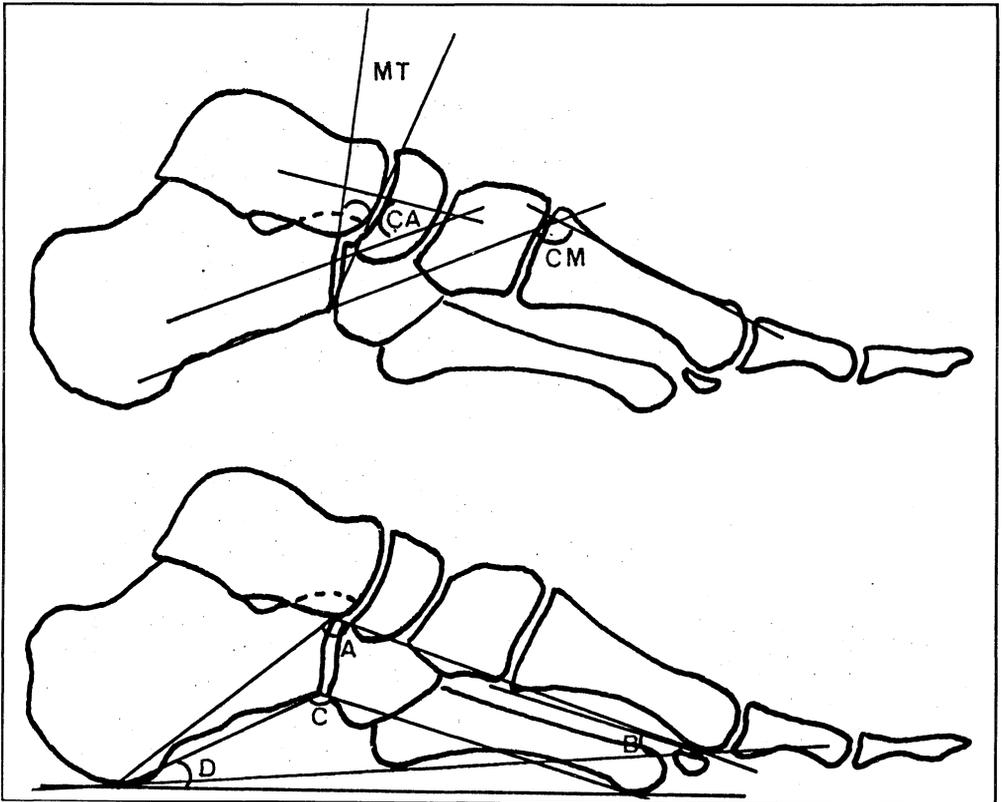
### Material y métodos

Se han obtenido radiografías sagitales del

pie derecho e izquierdo en carga, apoyando el cuerpo sobre el miembro examinado, siguiendo siempre una técnica estandarizada (técnica de De SEZE) (5), en 34 sujetos de ambos sexos con edades comprendidas entre 16 y 59 años con una edad media de  $28,9 \pm 1,6$  años, que no presentan patología del aparato locomotor. Así mismo se ha obtenido la huella plantar de ambos pies en carga siguiendo siempre la misma técnica (STAHELI y col., 1987) (6).

Hemos obtenido los siguientes parámetros radiológicos (Fig. 1):

1. El ángulo A de MOREAU y COSTA-BERTANI, tomando como puntos de referencia, el punto más plantar de la cabeza astragalina y el punto más plantar de la epífisis proxi-



**Figura 1:** Angulos obtenidos en la radiografía lateral de cada pie en carga. (MT=ángulo medio-tarsiano; CA = ángulo calcáneo-astragalino; CM = ángulo calcáneo-1er. metatarsiano y los ángulos A, B, C y D de MOREAU y COSTA-BERTANI).

mal del primer metatarsiano.

2. El ángulo B de MOREAU y COSTA-BERTANI, formado por el plano tangencial del calcáneo y la cabeza del primer metatarsiano y el punto más plantar de la epífisis proximal de este hueso.

3. El ángulo C de MOREAU y COSTA-BERTANI, toma como puntos de referencia, el punto de apoyo plantar del calcáneo, el punto más plantar del extremo anterior del mismo hueso y el punto más plantar de la cabeza del quinto metatarsiano.

4. El ángulo D de MOREAU y COSTA-BERTANI, tiene como puntos de referencia el plano tangencial calcáneo-cabeza del quinto metatarsiano y la línea posterior utilizada en el ángulo C.

5. El ángulo calcáneo-astragalino sagital está formado por las bisectrices de la cabeza del astrágalo y la bisectriz del calcáneo.

6. El ángulo mediotarsiano está formado por la línea paralela a la articulación calcáneo-cuboidea y una línea que desde el margen plantar de dicha articulación pasa a través del punto más distal de la cabeza del astrágalo.

7. El ángulo calcáneo-metatarsiano, está constituido por dos líneas, una tangente al borde plantar del calcáneo y otra tangente al borde dorsal del primer metatarsiano (SULLIVAN y col., 1979) (7).

En la huella plantar hemos obtenido los siguientes parámetros (Fig. 2):

1. El índice de CHIPPAUX (1949) (8) - SMIRAK (1960) (9), siguiendo las pautas señaladas por GOMEZ PELLICO y cols., 1972 (10), se traza una línea que une los dos puntos más salientes del borde plantar interno (línea 'a'). A partir del punto de contacto de la línea 'a' y la eminencia digitoplantar, se traza otra línea 'b' que une este punto al borde plantar externo, cruzando toda la eminencia digitoplantar por el lugar más ancho de la misma. Se traza una paralela, la línea 'c', a la línea 'b', que pasa por el punto más estrecho del istmo de la planta del pie. El índice se obtiene del

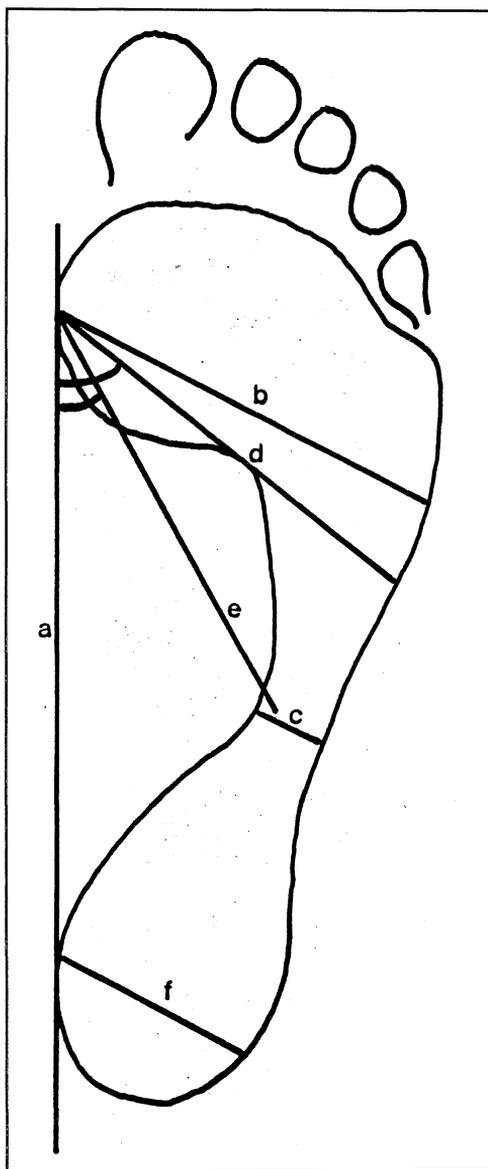


Figura 2: Índices y ángulos calculados en la huella plantar.

cociente entre la línea 'c' y la línea 'b', multiplicando por 100 el resultado.

A mayor índice corresponderá un aumento del valor del istmo, lo que implica un mayor aplanamiento de la bóveda.

2. El ángulo de CLARKE (1933) (11), es el

formado por la línea 'a' y la línea 'd', intersección entre la línea 'a' con la eminencia digito-plantar y el vértice de la concavidad del arco de la huella plantar. Se expresa en grados. Cuanto más pequeño sea el ángulo más aplanada estará la bóveda.

3. El ángulo de SCHWARTZ (1928) (1), está formado por la línea 'a' y la 'e' que pasa por el punto más lateral del borde interno de la huella plantar.

4. El índice de STAHELI (1987) (6), es la relación que existe entre la línea 'c' y otra línea paralela a ésta que refleja el ancho máximo del talón 'f'.

En cada uno de los parámetros estudiados se ha obtenido la media, la desviación y el error estándar y los valores máximo y mínimo. Así mismo se ha obtenido el coeficiente de correlación lineal existente entre todos ellos considerando significativos coeficientes superiores a 0,425 para una  $p=0,01$ .

### Resultados

En la Tabla I se exponen los resultados estadísticos tras el estudio efectuado de cada uno de los parámetros analizados en ambos pies.

Las figuras 3 y 4, representan los coeficientes de correlación hallados entre los diferentes parámetros estudiados tanto en el pie derecho como en el izquierdo.

Ambos pies se han comportado de forma muy similar, observando como existen fuertes correlaciones entre sí de los cuatro ángulos descritos por MOREAU y COSTA-BERTANI y el ángulo calcáneo-metatarsiano, muy semejante, por otra parte, al ángulo B de MOREAU-COSTA-BERTANI.

También el índice de CHIPPAUX y el índice de STAHELI, han mostrado una fuerte interdependencia. Es, por otra parte, lógica la correlación significativa entre el ángulo de SCHWARTZ y el ángulo de CLARKE en ambos pies.

En el pie izquierdo, existe una relación entre los índices de CHIPPAUX y STAHELI con el ángulo 'a', 'c' y 'd' de MOREAU y COSTA-BERTANI, además de con el ángulo calcáneo-metatarsiano. Existe también una interdependencia entre el ángulo calcáneo-astragalino y el ángulo 'a' de MOREAU y COSTA-BERTANI. En el pie derecho las relaciones son menores pero hay que reseñar la dependencia del ángulo de CLARKE con el ángulo 'c' de MOREAU y COSTA-BERTANI.

### Discusión

Algunos autores han discutido la influencia de la altura del arco longitudinal interno del pie sobre la huella plantar. COBEY y SELLA, 1981, efectuaron un estudio morfológico del pie señalando la influencia de las partes blandas sobre la huella plantar (12).

A nuestro entender, la exploración y obtención de la huella plantar es un método rápido, cómodo y barato que según diversos autores está relacionado con la altura del arco interno del pie, si bien se han presentado diferentes métodos para obtenerlo (1, 6, 8, 9, 11, 13, 14).

La huella es normal cuando la anchura mínima de la bóveda se halla entre un tercio y un medio de la anchura máxima del antepie (VILADOT, 1981) (15).

El ángulo de SCHWARTZ y col., 1928 (1), fue el primero de los parámetros de la huella plantar estudiado y luego modificado por CLARKE, 1933 (11). Este ángulo, según BAVOR y HORAWA, 1974 (16), no debe medir menos de  $42^\circ$ , ya que cuando su valor es entre  $0^\circ$  y  $29,9^\circ$ , corresponde a un pie plano, si está entre  $30^\circ$  y  $34,9^\circ$ , se habla de un pie con arco plantar bajo y cuando posee valores entre  $35^\circ$  y  $41,9^\circ$ , se define como pie intermedio. El ángulo de CLARKE obtenido por GOMEZ PELLICO y cols., 1972 (10), en 100 sujetos fue de  $40,54^\circ$ . En nuestro estudio, hemos en-

	EDAD	I. CHIPPAUX	I. STAHELI	A. CLARKE	A. SCHWARTZ	ANGULO A	ANGULO B	ANGULO C	ANGULO D	A. CALCANEO- ASTRAGALINO	A. MEDIO- TARSIANO	A. CALCANEO- METATARSIANO	
D E R E C H O	$\bar{X}$	28.91	27.38	0.48	47.35	64.11	125.58	16.20	144.41	19.94	42.29	29.97	127.61
	D.S.	9.1	13.75	0.24	7.29	3.84	7.42	3.37	8.15	4.36	8.8	7.99	8.58
	E.S.	1.58	2.39	0.04	1.27	0.66	1.29	0.58	1.41	0.75	1.53	1.39	1.49
	MAX-MIN	59 16	45.04 0	0.88 0	68 21	73 56	138 106	25 11	158 125	29 11	62 27	44 14	139 102
I Z Q U I E R D O	$\bar{X}$	28.91	27.24	0.47	50.11	64.94	124.88	16.5	144.97	19.39	37.94	23.94	129.58
	D.S.	9.1	11.76	0.20	6.09	3.19	7.46	3.31	8.66	4.7	9.44	8.44	9.95
	E.S.	1.58	2.04	0.03	1.06	0.55	1.29	0.57	1.5	0.81	1.63	1.47	1.73
	MAX-MIN	59 16	46.31 0	0.8 0	68 37	75 58	138 111	24 11	158 126	31 10	58 15	40 10	147 109

Tabla 1

contrado un ángulo de CLARKE de  $47,35^\circ \pm 1,27^\circ$ , en el pie derecho y de  $50,11^\circ \pm 1,06^\circ$  en el pie izquierdo.

un pie cavo, entre 0,1 y 29,9% sería de un pie normal, entre 30 y 39,9% correspondería al pie intermedio. Indices entre 40 y 44,9% son de pie aplanado, considerándose índices superio-

Un índice de CHIPPAUX de 0%, significa

I. CHIPPAUX	0.19																		
I. STAHELI	0.20	<u>0.97</u>																	
A. CLARKE	0.008	-0.43	-0.38																
A. SCHWARTZ	-0.12	-0.28	-0.3	<u>0.56</u>															
ANGULO A	0.13	0.29	0.36	-0.41	-0.3														
ANGULO B	-0.05	-0.41	-0.3	0.35	0.17	<u>*-0.72</u>													
ANGULO C	0.03	-0.39	<u>0.6</u>	<u>0.63</u>	-0.08	<u>*0.75</u>	<u>-0.6</u>												
ANGULO D	-0.08	<u>-0.52</u>	<u>-0.56</u>	0.29	0.16	<u>*-0.74</u>	<u>0.53</u>	<u>*-0.93</u>											
A. CALCANEO- ASTRAGALINO	0.08	-0.12	-0.21	0.24	-0.06	-0.34	0.35	0.34	0.31										
A. MEDIO- TARSIANO	-0.27	-0.15	-0.14	-0.13	-0.34	0.27	-0.15	-0.17	0.14	0.29									
A. CALCANEO- METATARSIANO	-0.05	0.41	0.44	-0.31	-0.07	<u>*0.8</u>	<u>*-0.73</u>	<u>*0.82</u>	<u>*-0.76</u>	<u>0.47</u>	<u>-0.05</u>								
	EDAD	I. CHIPPAUX	I. STAHELI	A. CLARKE	A. SCHWARTZ	ANGULO A	ANGULO B	ANGULO C	ANGULO D	A. CAL-AST.	A. MED-TAR.								

Figura 3: Indices de correlación lineal obtenidos entre los parámetros del pie derecho. Subrayando las correlaciones significativas y destacando las altamente significativas (\*). (r = .449; p ≤ 0,01)

EDAD	I.CHIPPAUX	I.STAHELI	A.CLARKE	A.SCHWARTZ	ANGULO A	ANGULO B	ANGULO C	ANGULO D	A.CAL-AST	A.MED-TAR	
I.CHIPPAUX	0.25										
I.STAHELI	0.24	*0.98									
A.CLARKE	0.06	-0.46	-0.43								
A.SCHWARTZ	0.08	-0.32	-0.34	0.57							
ANGULO A	0.01	0.44	0.44	-0.23	-0.24						
ANGULO B	0.01	-0.34	-0.34	0.29	0.17	*-0.78					
ANGULO C	-0.07	-0.56	0.57	-0.29	0.17	*-0.77	-0.64				
ANGULO D	0.05	-0.47	-0.48	-0.01	-0.07	-0.63	0.44	*0.82			
A.CALCANEO ASTRAGAL.	0.07	-0.22	-0.18	0.17	0.13	0.46	0.21	-0.39	0.31		
A.MEDIO-TARSIANO	-0.04	-0.27	0.29	0.02	0.18	0.31	-0.26	-0.05	0.1	0.37	
A.CALCANEO METATARSIAN.	-0.09	0.5	0.49	-0.42	-0.27	*0.78	-0.66	*0.83	-0.65	-0.41	0.04

Figura 4: Índices de correlación lineal obtenidos entre los parámetros del pie izquierdo. Subrayando las correlaciones significativas y destacando las áltamente significativas (\*). (r = .449; p ≤ 0,01)

res al 45% como definitorio de un pie plano. El valor medio obtenido por GOMEZ PELLICO y cols., 1972 (10), fue de 34,15%. En nuestro estudio hemos hallado un índice de CHIPPAUX de 27,38 ± 2,39% en el pie derecho y de 27,24 ± 2,04% en el pie izquierdo. Entre los parámetros radiológicos obtenidos, el ángulo astragalo-calcáneo lateral, mide la alineación del retropie y disminuye con una posición de equino o con el varo del retropie o con ambos a la vez, aumentando con un valgo de retropie o con el pie en posición de flexión plantar (WANDERWILDE y cols., 1988) (17). Ha sido un ángulo muy estudiado en la literatura, obteniéndose diferentes valores medios según los autores.

Entre 15 y 50° (HEYWOOD, 1964 (18); TEMPLETON y cols., 1965 (19); BEATSON y col., 1966 (20); DAVIS y HATT, 1955 (21); ONO y col., 1974 (22); PRICE, 1979 (23); LAAVEG y col., 1980 (24); PONSETTI y cols., 1981 (25); THOMPSON y cols., 1982 (26); SIMONS, 1985 (27)); entre 15 y 35° (KEIM y col., 1970 (28)), entre 30 y 35° (CARRET y cols., 1979 (29)) y entre 40 y 60° (DENIS y col., 1975 (30)). El ángulo astrága-

lo ha sido de 42,29° ± 1,53° en el pie derecho y de 37,94° ± 1,63° en el pie izquierdo.

El valor medio del ángulo 'a' de COSTA-BERTANI y MOREAU, como exponente del arco longitudinal interno se sitúa alrededor de 128°, resultado muy semejante al obtenido por nosotros. El ángulo 'b' que registra el grado de descenso del primer metatarsiano no debe medir menos de 14°. En ambos pies hemos obtenido un ángulo medio de 16°. Tanto en el ángulo 'c' como en el 'd', hemos obtenido valores ligeramente inferiores a los aconsejados por MOREAU, 1973 (31).

El aumento del ángulo calcáneo-metatarsiano significa una disminución de la altura del arco longitudinal interno (SULLIVAN y MILLER, 1979) (7). Por el contrario un valor pequeño de dicho ángulo significaría un pie cavo o un aumento de la altura del arco longitudinal interno, obteniendo dichos autores un valor medio de 134,7° con una desviación estandard de 7,7°. Para GAMBLE y YALE, 1981 (32), el valor normal es un ángulo de vértice superior, con valores comprendidos entre 150 y 175 grados. En nuestro trabajo hemos obtenido un valor de 127,61° ± 1,49° en el pie derecho y de 129,58° ± 1,73° en el pie

izquierdo.

Los parámetros que mayor interdependencia han mostrado en nuestro estudio han sido el índice de CHIPPAUX y el índice de STAHELI, así como los ángulos 'c' y 'd' descritos por MOREAU y COSTA-BERTANI, si bien hay que señalar que han mostrado coeficientes de correlación significativamente bajos.

La edad, el ángulo medio-tarsiano, el ángulo calcáneo-astragalino, el ángulo 'a' y 'b' de MOREAU, el ángulo de CLARKE y el ángulo de SCHWARTZ, se han comportado de modo similar en ambos pies, no mostrando relación con el resto de los parámetros. Hay que señalar que los cuatro ángulos descritos por MOREAU y COSTA-BERTANI muestran una fuerte interdependencia entre sí y con el ángulo calcáneo-metatarsiano.

Los ángulos 'c' y 'd' están significativamente correlacionados con los índices de CHIPPAUX y con el índice del arco de STAHELI.

Estos resultados plantean la posible existencia de un pie morfológico distinto del pie radiológico por lo que el diagnóstico de una patología del pie no puede apoyarse exclusivamente en ninguno de estos aspectos por separado, siendo, por el contrario, métodos complementarios que deben reforzar el análisis clínico de dicha patología.

#### BIBLIOGRAFIA

1. SCHWARTZ, L.; BRITTEN, R.H.; THOMPSON, L.R. Studies in physical development and posture. Washington D.C. U.S. Government Printing Office. U.S. Public Health Bull (report n 179).
2. WISBRUN, W. Neue Gesichtspunkte zum Redressment des angeborenen Klumpfußes und daraus sich ergebende Schlussfolgerungen bezüglich der Ätiologie. Arch. orthop. Unfall-chir., 1932; 31: 451-464.
3. MOREAU, M.; COSTA-BERTANI, G. Estudio radiológico clínico del pie plano. Roentgenol. 1939; I: 4-38.
4. COSTA-BERTANI, G. MOREAU, M. citado por MOREAU.
5. DE SEZE, S. citado por VILADOT
6. STAHELI, L.T.; CHEW, D.E.; CORBETT, M. The longitudinal arch. J. Jt. Surg. 1987; 69: 426-428.
7. SULLIVAN, J.A.; MILLER, W.A. The relationship of the accessory navicular to the development of the flat foot. Clin. Ortho. Rel. Res. 1979; 144: 233-237.
8. CHIPPAUX, C. Elements d'anthropologie. Marseille: Le Pharo, 1947.
9. SMIRAK, J. citado por GOMEZ PELLICO.
10. GOMEZ PELLICO, L.; LLANOS ALCAZAR, L.F.; RUBIO, J.M. Análisis estadístico de la anatomía de la bóveda plantar mediante el fotopodograma. Rev. Ortop. Traum. 1973, 17 IB: 561-574.
11. CLARKE, H.H. An objective method of measuring the heights of the longitudinal arch in foot examinations. Res. Quart. 1933; 4: 99-107.
12. COBEY, J.C.; SELLA, E. Standardizing methods of measurement of foot shape by including the effects of subtalar rotation. Foot & Ankle 1981; 2: 30-36.
13. IRWIN, L.W. A study of the tendency of school children to develop flat-footedness. Res. Quart. 1937; 8: 46-53.
14. CAVANAGH, P.R.; RODGERS, M.M. The arch index: a useful measure from footprints. J. Biomechanics. 1987; 20: 547-551.
15. VILADOT, A. Exploración. En: Viladot, A. Diez lecciones sobre patología del pie. Barcelona: Toray, S.A., 1981; 41-64.
16. BAVOR, M.; HORAVA, J. Kotacze hodnoceni nozni klenby pomoci plantograma. Zpravy cs. spol. antrop. 1974; 1-2: 42-43.
17. VANDERWILDE, R.; STAHELI, L.T.; CHEW, D.A.; MALAGON, V. Measurements on radiographics of the foot in normal infants and children. J. Bone Jt. Surg. 1988; 70: 407-415.
18. HEYWOOD, A.W.D. The mechanics of the hindfoot in club foot as demonstrated radiographically. J. Bone Jt. Surg. 1964; 46-B: 102-107.
19. TEMPLETON, A.W.; McALLISTAR, W.H.; ZIM, I.D. Standardization of terminology and evaluation of osseous relationships in congenitally abnormal feet. Am. J. Roentgenol. 1965; 93: 374-381.
20. BEATSON, TR.; PEARSON, J.R. A method of assessing correction in clubfeet. J. Bone Jt. Surg. 1966; 48: 40-50.

21. DAVIS, L.A.; HATT, W.S. Congenital abnormalities of the feet. *Radiology* 1955; 64: 818-825.
22. ONO, K.; HAYASHI, H. Residual deformity of treated congenital clubfoot. A clinical study employing frontal tomography of the hind part of the foot. *J. Bone Jt. Surg.* 1974; 56: 1577-1585.
23. PRICE, C.T. Congenital clubfoot. *J. Florida Med. Assn.* 1979; 66: 104-107.
24. LAAVEG, S.J.; PONSETI, I.V. Long term results of treatment of congenital clubfoot. *J. Bone Jt. Surg.* 1980; 62-A: 23-31.
25. PONSETI, I.V.; EL-KHOURY, G.Y.; IPPOLITO, E.; WEINSTEIN, S.L. A radiographic study of skeletal deformities in treated club feet. *Clin. Orthop. Rel. Res.* 1981; 160: 30-42.
26. THOMPSON, G.H.; RICHARDSON, A.B.; WESTIN, G.W. Surgical management of resistant congenital talipes equinovarus deformities. *J. Bone Jt. Surg.* 1982; 64: 652-665.
27. SIMONS, G.W. Complete subtalar release in clubfeet. II. Comparison with less extensive procedures. *J. Bone Jt. Surg.* 1985; 67: 1056-1065.
28. KEIM, H.A.; RITCHIE, G.W. Weight-bearing roentgenograms in the evaluation of foot deformities. *Clin. Orthop.* 1970; 70: 133-136.
29. CARRET, J.P.; SCHNEEP, J.; FISCHER, L.P.; BOCHU, M.; MAZOYER, J.F.; ROLLEAU, Y. Moyens d'étude radiologique des troubles statiques du pied. *Soc. Chir. Lyon.* 1979; 38-40.
30. DENIS, X.; PAQUOT, J.P. Examen radiologique et surveillance du pied bot congenital. *Ann. Radiol. (Paris)* 1975; 18: 339-345.
31. MOREAU, M. Valoración métrica de la arquitectura radiológica del pie. En: Libro de actas X Congreso Internacional del College International de Medicine et de Chirurgie du pied (C.I.P.). Buenos Aires, 1973, 83-88.
32. GAMBLE, F.O.; YALE, I. Roentgenología del pie. 2ª edición. Malabar: RF Krieger Publ., Co. Inc., 1981.