

# ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS CENTROS DE PRESIÓN SOBRE LA HUELLA PLANTAR

Departamento de Ciencias  
Morfológicas y Cirugía.  
Universidad Alcalá de Henares.

A. SAN GIL SORBET  
F. FORRIOL CAMPOS  
L. GÓMEZ PELLICO

---

## Resumen

*Se estudian los centros de presión y su localización en la huella plantar en 34 sujetos de ambos sexos, con edades comprendidas entre 18 y 20 años, con una plataforma de fuerzas.*

*Las fuerzas antero-posteriores son mayores en las regiones externas de la huella plantar; las fuerzas mediolaterales en la parte externa del talón y en el istmo, y las fuerzas verticales en la porción externa del antepié y también en el istmo.*

*Se estudian asimismo la velocidad de traslación de los centros de presión y los impulsos que se producen en cada una de las zonas de la huella.*

Durante el período de contacto entre el pie y el suelo en la marcha humana se producen unas fuerzas de reacción que varían con el tiempo y que pueden ser estudiadas gracias a las plataformas dinámicas.

Se conoce como centro de presión (CDP) el punto resultante de la aplicación de sollicitaciones en los tres ejes del espacio, referido al sistema de coordenadas de la plataforma de fuerzas, en una unidad de

tiempo. Los diferentes CDP obtenidos durante un apoyo, permiten estudiar la localización y las magnitudes de estas fuerzas durante la fase de apoyo del pie. El CDP es un concepto abstracto que puede resultar de gran ayuda para el análisis de la función y también la patología del pie, pues resulta evidente que contacto pie-suelo no se produce en un solo punto, sino sobre una superficie.

El conjunto de CDP que tiene lugar durante un apoyo, suele estar normalmente en el área de soporte del pie en contacto con el suelo, pero durante el doble apoyo se encuentra situado entre los dos pies.

En la bipedestación, la planta del pie es el área de contacto entre el cuerpo y el suelo, aunque el pie represente aproximadamente un 3 % de la superficie total corporal. Las sollicitaciones que actúan sobre él son el resultado del control y estabilización de la interacción entre la fuerza de gravedad y las fuerzas de inercia de los diferentes segmentos corporales (STEIN y cols., 1981), siendo por lo tanto de gran interés para el cirujano ortopédico el conocimiento de las sollicitaciones que actúan a nivel de la planta del pie (GRUNDY y cols., 1975).

Las plataformas de fuerzas permiten medir las solicitaciones que se producen sobre una superficie rígida durante la marcha, a partir de las cuales se pueden calcular sus coordenadas.

El objetivo del presente trabajo es conocer la disposición de los diferentes centros de presión sobre la huella plantar durante la marcha normal.

## MATERIAL Y MÉTODO

Se ha estudiado el patrón de comportamiento del CDP ejercido durante la fase de apoyo del ciclo de marcha del pie derecho en 34 sujetos de ambos sexos, con edades comprendidas entre 18 y 20 años de edad sobre una plataforma de fuerzas (Mod. IBV-AHDA8), registrando muestras cada 15 msec. Al mismo tiempo, se ha obtenido la huella plantar donde se han trasladado las coordenadas de los diferentes CDP obtenidos, localizándose

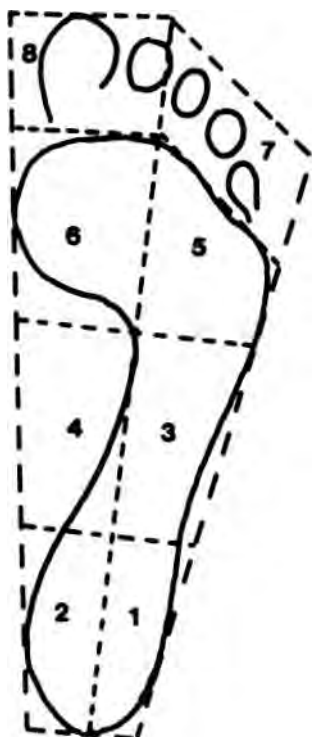


Fig. 1: División de la huella plantar en ocho regiones.

se de esta forma anatómicamente el punto resultante de las solicitaciones en cada unidad de tiempo. Se ha trazado la bisectriz de la huella plantar para dividirla en ocho regiones (fig. 1), correspondientes a las porciones interna y externa de la región proximal, media, distal y de los dedos.

Se ha calculado el porcentaje de puntos hallados en cada una de las regiones, lo que expresa las zonas de mayor apoyo, obteniéndose además las solicitaciones medias en sentido vertical, anteroposterior y latero-medial en cada una de las porciones en las que se ha dividido la huella plantar. También se ha calculado la velocidad de traslación de los CDP sobre la huella plantar, así como en cada una de las regiones de la huella. La velocidad se calcula midiendo la longitud de la huella y dividiéndola por el número de puntos. Lo mismo se ha realizado en cada una de las regiones, conociendo de este modo la velocidad en la región de los dedos, distal, media y proximal de la huella plantar.

También se han calculado los impulsos verticales, antero-posteriores y latero-mediales. El impulso se obtiene multiplicando las solicitaciones medias obtenidas en cada región por el tiempo de apoyo expresado en porcentaje del tiempo total (KATOH y cols., 1983).

Por último se ha estudiado el patrón de traslación de los CDP, señalando las desviaciones del CDP en cada 10 % del tiempo de apoyo con relación a la bisectriz de la huella plantar. Se ha efectuado un análisis estadístico de cada uno de los parámetros, comparando los resultados obtenidos en cada una de las regiones con el método de la t de STUDENT.

## RESULTADOS

Registrando una muestra cada 15 msec, se han contabilizado un total de  $50,9 \pm \pm 15,7$  CDP por término medio, lo que significa una duración media del apoyo de 765 msec.

**Tabla I****NÚMERO DE PUNTOS (%)**

REGIÓN 1 ...	15,57%
REGIÓN 2 ...	0,77%
REGIÓN 3 ...	29,07%
REGIÓN 4 ...	—
REGIÓN 5 ...	28,22%
REGIÓN 6 ...	19,05%
REGIÓN 7 ...	0,71%
REGIÓN 8 ...	5,61%

En la tabla 1 y figura 2, se representa el porcentaje de CPD hallados en cada una de las 8 regiones estudiadas en la huella plantar, observando cómo es, en orden decreciente, en la región 3 (externa media), en la región 5 (externa distal), en la región 6 (interna distal) y en la región 1 (externa proximal) dónde se encuentran aproximadamente el 93 % de los CDP.

Las velocidades se especifican en la tabla II, observando como la velocidad de traslación media de los CDP es de  $306,64 \pm 6,67$  mm/sec, disminuyendo progresivamente de la región proximal de la huella plantar hasta la región distal, pasando concretamente de  $626,6 \pm 53,3$  mm/seg. a  $200 \pm 6,7$  mm/seg. Hemos hallado diferencias estadísticamente significativas entre cada una de las regiones. El CDP aumenta de nuevo su velocidad en la región de los dedos. Esto indica que el apoyo es de menor duración en la región

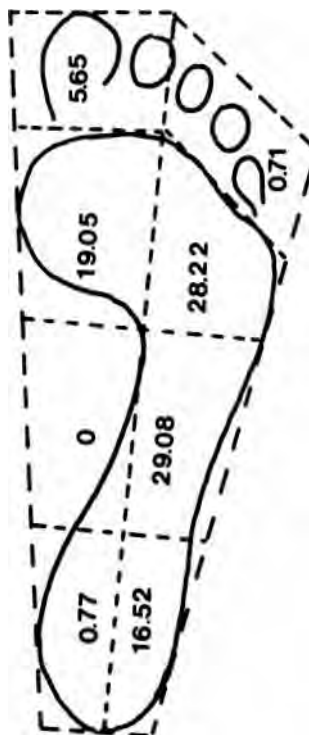


Fig. 2. Porcentaje de centros de presión hallados en cada una de las regiones de la huella plantar.

proximal o del talón, mayor en la región media y mayor todavía en la región distal o del antepié. Sobre la zona correspondiente a la cabeza de los metatarsianos medios o centrales se produce una concentración de puntos de presión. El CDP pasa rápidamente a nivel de la región de los dedos, siendo en este instante cuando comienza a apoyar el talón contralateral.

**Tabla II****VELOCIDAD DEL CDP (mm/seg)**

	X	DS
VELOCIDAD TOTAL	306,6	46,7
VELOCIDAD REGIÓN PROXIMAL	626,6	315
VELOCIDAD REGIÓN MEDIA	373,3	140
VELOCIDAD REGIÓN DISTAL	200	53,3
VELOCIDAD REGIÓN DEDOS	1.066,6	580

**Tabla III**  
**SOLICITACIONES EN LAS DIFERENTES REGIONES**  
**DE LA HUELLA PLANTAR (FUERZA/PESO)**

	FX		FY		FZ	
	X	DS	X	DS	X	DS
REGIÓN 1	,14	,05	,16	0,7	,56	,22
REGIÓN 2	,02	,01	,04	,03	,09	,06
REGIÓN 3	,19	,07	,14	,2	,92	,09
REGIÓN 4	—	—	—	—	—	—
REGIÓN 5	,11	,06	,07	,3	,86	,28
REGIÓN 6	,06	,05	,05	,04	,64	,3
REGIÓN 7	,01	,02	,01	,03	,06	,03
REGIÓN 8	,04	,2	,03	,02	,23	,12

Como se puede observar en la tabla III, las fuerzas anteroposteriores son mayores en las regiones 3, 1 y 5, existiendo una diferencia significativa entre la fuerza antero-posterior media de la región 3 y de la región 1 ( $p < 0,05$ ) y también de estas dos con la región 5 ( $p < 0,01$ ).

Las fuerzas latero-mediales son mayores en las regiones 1 y 3, no existiendo diferencias estadísticamente significativas entre ambas, pero sí entre éstas y el resto de las regiones.

Las fuerzas verticales mayores se producen en las regiones 3, 5, 6 y 1, existiendo diferencia estadísticamente significativa entre las dos primeras y las siguientes. Los impulsos que se efectúan en los tres ejes del espacio, expresados en porcentaje del total, están representados por regiones en la tabla IV.

Más del 80% del impulso antero-posterior tiene lugar en las tres regiones externas de la huella plantar (regiones 1, 3 y 5). Lo mismo ocurre con los impulsos latero-mediales. Sin embargo, el 85 % de los impulsos verticales se producen en la porción externa de la región media de la huella y en las dos porciones, interna y externa, de la región distal, correspondiéndose con las zonas de localización de las cabezas metatarsianas (regiones 3, 5 y 6).

## DISCUSIÓN

Numerosos estudios han tenido lugar sobre las presiones ejercidas por el pie o una parte del mismo. Las plataformas dinamométricas han añadido un concepto nuevo como es el de centro de presión.

**Tabla IV**  
**IMPULSOS (%)**

	IMPULSO X	IMPULSO Y	IMPULSO Z
REGIÓN 1	18,31	26,9	11,86
REGIÓN 2	0,63	1,42	0,46
REGIÓN 3	40,17	35,71	31,93
REGIÓN 4	—	—	—
REGIÓN 5	26,34	23,36	34,23
REGIÓN 6	12,03	10,56	19,15
REGIÓN 7	0,16	0,28	0,32
REGIÓN 8	2,36	1,77	2,05

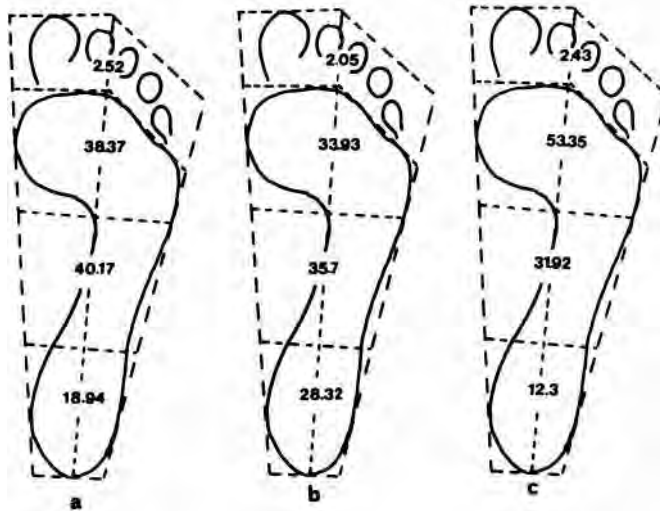


Fig. 3. *Impulsos expresados en porcentaje del total.* a) *Impulsos antero-posteriores.* b) *Impulsos latero-mediales.* c) *Impulsos verticales.*

ELFTMAN, 1934, estudió con un método propio, muy copiado posteriormente, las presiones desarrolladas por el pie durante la marcha, llegando a la conclusión de que el eje dinámico del pie se dirige desde la parte externa del talón hacia la parte interna del tercer metatarsiano, cambiando luego su dirección para dirigirse hacia adentro y salir entre el primer y segundo dedo.

El período de apoyo de un pie durante la marcha se divide clásicamente en tres fases, una primera de apoyo de talón, durante la cual la resultante de las fuerzas de reacción pie-suelo se dirige hacia abajo, delante y afuera. Una segunda fase de apoyo monopodal, donde la resultante sigue la misma dirección que en el caso anterior pero con magnitudes más débiles y, por último, una tercera fase de apoyo del antepié y de los dedos o fase de despegue, donde el sentido de las fuerzas antero-posteriores se invierte, de ahí que la resultante de las fuerzas que actúan en este momento se dirige hacia atrás, abajo y afuera (LORD y cols., 1977).

ARCAN, 1976, sostiene que en el pie normal las cargas se dividen un  $42,8 \pm 6,5 \%$  en el antepié, de las cuales más de la mitad se producen en la porción in-

terna. El  $9 \pm 4,7\%$  se producen en la región media del pie y el  $48,2 \pm 8,4 \%$  restante en la región proximal o del talón. En nuestro estudio, el mayor número de puntos y por lo tanto el mayor tiempo de apoyo se encuentran en la región distal de la huella plantar, fundamentalmente en su porción externa, después en la parte externa de la región media del pie y, por último, en la porción externa del talón.

Las mayores fuerzas verticales medias se han encontrado en las partes externas de las porciones media y anterior de la huella, mientras que las mayores fuerzas latero-mediales y antero-posteriores medias se encuentran en la región media y proximal de la misma.

KATOH y cols., 1983, en sujetos descalzos encuentra que el impulso vertical se desarrolla en un 54 % a nivel de la región distal y en un 25 % y 21 % a nivel de la región media y proximal de la huella plantar, respectivamente. Nuestros resultados confirman este comportamiento. Sin embargo, en la región media hemos hallado un 31,93 % del impulso vertical y en la región proximal un 12 %. Estas diferencias pueden ser debidas al mayor número de muestras tomadas por nosotros.

El CDP se desplaza generalmente a lo largo del borde externo de la bisectriz de la huella plantar y cuando llega al antepié, alrededor del área correspondiente a las cabezas de los metatarsianos, se mueve alrededor de la parte media de la porción distal de la huella plantar para terminar dirigiéndose hacia dentro, hacia el primer espacio interdigital. Coincidimos en señalar con LORD, 1981, y GODFREY y cols., 1967, que las solicitaciones a las que se ve sometida la región distal de la huella plantar son semejantes a las que soporta el talón, donde las solicitaciones latero-mediales y antero-posteriores son de mayor magnitud que en la región distal, que a su vez presenta unas solicitaciones verticales superiores y que se aplican durante mayor tiempo. Lo que hace que los impulsos sean mayores en la región distal de la huella plantar que en la proximal.

Esto nos hace sospechar que el talón y la región media podrían servir para

direccionar el apoyo del pie, mientras que la región distal, más grande y más ancha, tendría como misión la de soportar e impulsar las solicitaciones que transmite el cuerpo. El impulso vertical de la región distal es unas tres veces mayor que el de la región proximal.

No estamos de acuerdo con los resultados obtenidos por HUTTON y cols., 1976, para quien desde el momento de apoyo del talón hasta la elevación del mismo, el CDP se desplaza rápidamente desde el borde interno de la región proximal por el borde interno de la huella plantar. Tras el contacto de talón, aumentan las solicitaciones verticales y el CDP progresa en sentido distal. Las fuerzas verticales correspondientes al impacto del pie con el suelo se observan en la región 3, porción externa de la región media de la huella, por lo que nos resistimos a denominarlas, como muchos de los autores clásicos, fuerza vertical del talón.

---

## BIBLIOGRAFÍA

---

1. ARCAN, M.; BRULL, M. A.: *A fundamental characteristic of the human body and foot, the foot-ground pressure pattern.* J. Biomechanics, 9, 453-457.
2. ELFTMAN, H.: *A cinematic study of the distribution of pressure in the human foot.* Anat. Rec., 59, 481-491, 1934.
3. GODFREY, C. M.; LAWSON, G. A.; STEWART, W. A.: *A method for evaluation of pedal pressure changes during weight bearing: preliminary observations on normal and arthritics.* Arthr. Rheum., 10, 135-140, 1967.
4. GRUNDY, M.; BLACKBURN, P.; TOSH, R. D.; MCLEISH, R. D.; SMIDT, L: *An investigation into centres of pressure under the foot while walking.* J. Bone Jt. Surg., 57 B, 98-103, 1975.
5. HUTTON, W. C.; STOTT, J. R. R., STOKES; I.A.F.: *The mechanics of the foot. En: The foot and its disorders.* L. Klenerman, editor, Blackwell, Oxford, 30-48, 1976.
6. KATOH, Y.; CHAO, E. Y. S.; LAUGHMAN, R. K.; SCHNEIDER, E.; MORREY, B. F.: *Biomechanical analysis of foot function during gait and clinical applications.* Clin. Orthop. Rel. Res., 177,23-33, 1983.
7. LORD, M.; REYNOLDS, D. P.; HUGUES; J. R.: *Foot pressure measurement: a review of clinical findings.* J. Biomed. Eng., 8, 283-294, 1986.
8. STEIN, H.; SIMKIN, A.; JOSEPH; K.: *The foot ground pressure distribution following triple arthrodesis.* Arch. Orthop. Traumat. Surg., 98, 263-269, 1981.

# TORSIÓN DEL ESQUELETO DE LA PIERNA Y MORFOLOGÍA PLANTAR

*Departamento de Ciencias  
Morfológicas y Cirugía.  
Universidad Alcalá de Henares.*

F. FORRIOL CAMPOS  
J. A. PASCUAL MAIQUES  
C. DANKLOFF  
L. GÓMEZ PELLICO

---

## **Resumen**

*Se han estudiado el ángulo de torsión del esqueleto de la pierna y tres parámetros de la huella plantar (ángulo de CLARKE; índice de CHIPPAUX-SMIRAK e índice del Arco, de STAHELI y cols.) en 1.676 escolares de ambos sexos (663 varones y 1.013 hembras), con edades comprendidas entre 3 y 17 años, divididos en cuatro grupos según la edad (de 3 a 5 años, de 6 a 10 años, de 11 a 15 años y de 16 a 17 años).*

*El primer grupo de edad muestra un arco longitudinal descendido que luego aumenta con la edad. Por otra parte, también el ángulo de torsión tibio-peroneo presenta un aumento en los dos grupos de edad, permaneciendo constante posteriormente.*

*No hemos encontrado una correlación significativa entre el ángulo de torsión y los parámetros de la huella plantar.*

El conocimiento de las variaciones fisiológicas de los ángulos de torsión y de rotación de los diferentes segmentos del miembro inferior, así como el desarrollo de la bóveda plantar, juegan un papel

fundamental en el pronóstico y tratamiento de muy diferentes patologías durante la infancia y también en la adolescencia.

El propósito de este trabajo es conocer el desarrollo del ángulo de torsión tibio-peroneo y también del arco longitudinal interno del pie, analizando la posible existencia de una relación entre ambos.

## **MATERIAL Y MÉTODO**

Se ha estudiado el ángulo de torsión tibio-peroneo y la huella plantar de ambos miembros inferiores en una población de 1.676 escolares de ambos sexos (663 varones y 1.013 hembras), con edades comprendidas entre 3 y 17 años de edad, dividiéndolos para el análisis en cuatro grupos de edades: de 3 a 5 años, de 6 a 10 años, de 11 a 15 años y de 16 a 17 años.

Para obtener el ángulo de torsión tibio-peroneo se ha seguido el método desarrollado por PASCUAL, 1989 (figura 1). En cada una de las huellas plantares se ha obtenido el ángulo de Clarke, 1933; el índice de CHIPPAUX (1947), SMIRAK (1960),

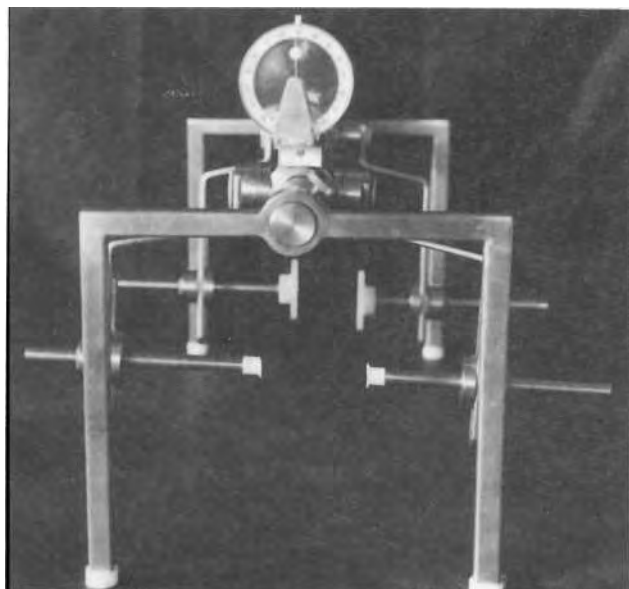


Fig. 1. Aparato diseñado para la obtención del ángulo de torsión tibio-peroneo.

y el denominado índice del arco (STAHელი y cols. (1987) (figura 2).

En cada una de las edades, sexo y lado se ha registrado la media aritmética, la desviación estándar y el error estándar de la media de cada uno de los parámetros.

Asimismo, se ha efectuado un análisis de correlación lineal de todos los parámetros entre sí en cada uno de los sexos, para estudiar la posible interdependencia de unos con otros.

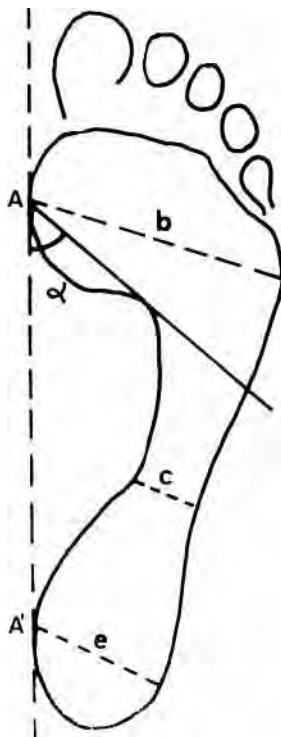


Fig. 2. Obtención de los parámetros de la huella plantar: (a = ángulo de Clarke; c/b % = índice de Chippaux-Smirak; c/e = índice del arco, de Staheli y cols.).

## RESULTADOS

El ángulo de torsión tibio-peroneo aumenta con la edad en ambos sexos (tabla I), existiendo diferencias estadísticamente significativas entre el primer grupo de 3 a 5 años y el segundo de 6 a

Tabla I  
DESARROLLO DEL ÁNGULO DE TORSIÓN TIBIO-PERONEO

EDAD	N	CHICAS				N	CHICOS			
		DERECHO		IZQUIERDO			DERECHO		IZQUIERDO	
		X	DS	X	DS		X	DS	X	DS
3-5	171	6,83	3,44	5,55	3,2	138	7,7	4,5	6,92	3,95
6-10	445	12,28	6	9,53	4,6	226	10,6	4,7	9,42	4,4
11-15	315	15,01	5,17	12,53	5,02	197	14,11	5,8	12,28	5,17
16-17	82	17,19	4,82	15,15	5,63	102	14,64	5,9	12,9	5,47



10 años, así como entre éste y el grupo siguiente ( $p < 0,01$ ). A partir de los 11 años el ángulo de torsión permanece constante. Se aprecian diferencias estadísticamente significativas entre el ángulo de torsión del miembro inferior izquierdo y el derecho en los chicos en el grupo de edad de 6 a 10 años y en las chicas en todos los grupos, excepto en el último.

También los parámetros estudiados en la huella plantar muestran variaciones en el desarrollo.

El ángulo de CLARKE (tabla II) aumenta con los años, existiendo diferencias estadísticamente significativas en ambos pies

entre el grupo de edad de 3 a 5 años y el grupo de 6 a 10 años ( $p < 0,01$ ), tanto en las chicas como en los chicos.

El índice de CHIPPAUX-SMIRAK, muestra diferencias estadísticamente significativas entre el primer grupo de edad y el segundo en ambos sexos y también en ambos pies ( $p < 0,01$ ) tanto en las chicas como en los chicos.

El índice de CHIPPAUX-SMIRAK, muestra diferencias estadísticamente significativas entre el primer grupo de edad y el segundo en ambos sexos y también en ambos pies ( $p < 0,01$ ) (tabla III).

**Tabla II**  
**DESARROLLO DEL ÁNGULO DE CLARKE (%)**

EDAD	N	CHICAS				CHICOS				
		DERECHO		IZQUIERDO		DERECHO		IZQUIERDO		
		X	DS	X	DS	X	DS	X	DS	
3-5	171	29,41	14,38	30,11	15,22	138	25,72	12,2	25,55	12,5
6-10	445	44,12	11,16	44,06	11,96	226	39,79	13,9	40,32	12,77
11-15	315	48,93	7,34	48,12	8,43	197	42,74	11,74	42,73	12,93
16-17	82	46,97	8,26	48,03	8,31	102	44,72	9,36	45,3	8,37

**Tabla. III**  
**DESARROLLO DEL ÍNDICE DE CHIPPAUX-SMIRAK (%)**

EDAD	N	CHICAS				CHICOS				
		DERECHO		IZQUIERDO		DERECHO		IZQUIERDO		
		X	DS	X	DS	X	DS	X	DS	
3-5	171	42,87	15,56	40,65	17,75	138	46,27	15,36	47,59	15,49
6-10	445	30,1	13,89	27,23	15,14	226	35,5	13,28	34,12	13,27
11-15	315	26,28	13,1	24,82	12,62	197	32,17	12,46	30,57	13,18
16-17	82	28,09	13,39	25,32	13,12	102	26,69	10,92	28,65	12,95

**Tabla IV**  
**DESARROLLO DEL ÍNDICE DEL ARCO**

EDAD	N	CHICAS				CHICOS				
		DERECHO		IZQUIERDO		DERECHO		IZQUIERDO		
		X	DS	X	DS	X	DS	X	DS	
3-5	171	0,67	0,25	0,64	0,27	138	0,77	0,22	0,77	0,22
6-10	445	0,51	0,22	0,47	0,23	226	0,6	0,21	0,58	0,23
11-15	315	0,45	0,21	0,43	0,21	197	0,55	0,21	0,52	0,21
16-17	82	0,49	0,22	0,43	0,22	102	0,51	0,18	0,49	0,21

**Tabla V**  
**ÍNDICES DE CORRELACIÓN - HEMBRAS**

A. TORSIÓN DERECHO								
A. TORSIÓN IZQUIERDO	0,69							
I. CHIPPAUX DERECHO	-0,18	-0,21						
I. CHIPPAUX IZQUIERDO	-0,2	-0,2	0,78					
A. CLARKE DERECHO	0,27	0,25	-0,69	-0,6				
A. CLARKE IZQUIERDO	0,27	0,25	-0,62	-0,68	0,76			
I. ARCO DERECHO	-0,20	-0,22	0,91	0,78	-0,78	-0,77		
I. ARCO IZQUIERDO	-0,17	-0,19	0,79	0,89	-0,75	-0,82	0,79	
	A. TORSIÓN DERECHO	A. TORSIÓN IZQUIERDO	I. CHIPPAUX DERECHO	I. CHIPPAUX IZQUIERDO	A. CLARKE DERECHO	A. CLARKE IZQUIERDO	I. ARCO DERECHO	I. ARCO IZQUIERDO

**Tabla VI**  
**ÍNDICES DE CORRELACIÓN - VARONES**

A. TORSIÓN DERECHO								
A. TORSIÓN IZQUIERDO	0,75							
I. CHIPPAUX DERECHO	-0,21	-0,19						
I. CHIPPAUX IZQUIERDO	-0,22	-0,18	0,78					
A. CLARKE DERECHO	0,22	0,19	0,73	0,65				
A. CLARKE IZQUIERDO	0,23	0,2	0,63	0,74	0,79			
I. ARCO DERECHO	-0,21	-0,18	0,87	0,79	-0,76	-0,75		
I. ARCO IZQUIERDO	-0,22	-0,23	0,78	0,86	-0,74	-0,84	0,79	
	A. TORSIÓN DERECHO	A. TORSIÓN IZQUIERDO	I. CHIPPAUX DERECHO	I. CHIPPAUX IZQUIERDO	A. CLARKE DERECHO	A. CLARKE IZQUIERDO	I. ARCO DERECHO	I. ARCO IZQUIERDO

El índice del arco, descrito por STAHELI y cols., 1987, también muestra diferencias entre el primer grupo de edad y el segundo, y entre éste y el tercero en ambos sexos y en los dos pies ( $p < 0,01$ ) (tabla IV).

Una vez efectuado el análisis de correlaciones entre los diferentes parámetros analizados en ambos sexos, hemos encontrado una fuerte interdependencia entre los índices analizados del pie y también entre éstos y el ángulo descrito por CLARKE. No hemos hallado una correlación significativa entre el ángulo de torsión tibio-peroneo y el resto de los parámetros estudiados en la huella plantar, en ninguno de los pies y en ninguno de los sexos. (tablas V y VI).

## DISCUSIÓN

La torsión tibial habla de un giro de la extremidad proximal con respecto a la extremidad distal sobre el eje longitudinal del hueso, bien en sentido externo o bien en sentido interno. Sin embargo, como ha señalado REINMANN, 1979, el peroné acompaña en su torsión a la tibia, de ahí que hablemos de torsión tibio-peronea o del esqueleto de la pierna. Junto a esto, nos parece interesante diferenciar entre torsión y rotación. La torsión habla del giro del segmento sobre su propio eje. Por el contrario, la rotación hace referencia al giro de un segmento óseo sobre otro (ROSEN y SANDICK, 1955; WYNNE-DAVIES, 1964; WESELEY, 1981).

Por otra parte, el estudio y conocimiento de la huella plantar posee un gran interés para el diagnóstico de algunas patologías del pie y estamos de acuerdo con ROSE y cols., 1985, de que el término pie plano y también el de pie cavo deben reservarse a entidades patológicas muy determinadas. Esto hace que desde el punto de vista morfológico sea más correcto hablar de pies con el arco longitudinal interno elevado, normal, descendido o caído.

La unidad tibio-peronea sufre durante el crecimiento una torsión externa (KLING y cols., 1983), siendo en el hombre el desarrollo de una torsión interna infrecuente. HUTTER y cols., 1949, encontraron en 200 adultos un 3 % de torsiones internas.

Desde los estudios de LE DAMANY, 1909, y DUPUIS, 1951, se defiende la postura de que el esqueleto de la pierna se encuentra en torsión interna pasando a ser neutro, es decir, con un ángulo de torsión de  $0^\circ$  en el momento del nacimiento, desarrollándose posteriormente hasta llegar a los 200 de torsión a la edad de 5 años. Los cuatro primeros años de la vida son considerados por algunos autores como los años críticos, ya que es el período cuando el ángulo de torsión pasa de ser interno a ser externo. KHERMOSH y cols., 1971, en 230 niños encontraron un valor medio de  $2^\circ$  en el recién nacido; de  $10^\circ$  a los cinco años de edad, concluyendo que el ángulo de torsión aumenta  $1,3^\circ$  por año. MALEKAFZALI y cols., 1979, encuentran en 200 personas un valor medio de  $14^\circ$ , con una amplitud de la torsión externa entre  $7^\circ$  y  $20^\circ$  en el adulto. STAHELI y ENGEL, 1972, encuentran por su parte una torsión externa en el recién nacido. En los primeros cinco años el valor del ángulo de torsión es según estos autores de  $5^\circ$ , pasando posteriormente a  $10^\circ$  en la infancia y  $14^\circ$  durante la adolescencia. Nuestros resultados muestran un aumento del ángulo de torsión hasta los diez años de edad, permaneciendo luego constante, siendo nuestros valores medios algo inferiores a los obtenidos por LE DAMANY, 1909; DUPUIS, 1951; WEBER, 1961; WYNNE-DAVIES y cols., 1964, y JANSSEN, 1982, que obtienen un valor de  $23^\circ$  en el sujeto adulto. Coincidimos con MITTAL y cols., 1980, en señalar la amplitud del ángulo de torsión tibio-peroneo entre  $0^\circ$  y  $20^\circ$  en los dos sexos y en todas las edades estudiadas.

También WYNNE-DAVIES y cols., 1964, encuentran, como nosotros, diferencias entre un miembro inferior y el otro que llegan a adquirir valores de  $15^\circ$ . DUPUIS, 1951, muestra valores superiores en el

miembro inferior derecho que en el izquierdo de hasta 9°. Por el contrario, KHERMOSH y cols., 1971, no encuentran diferencias.

Los índices y el ángulo estudiados a nivel de la huella plantar muestran una evolución constante con la edad, existiendo diferencias estadísticamente significativas entre el primer grupo y el segundo, encontrando en el primer grupo de edad un mayor índice de CHIPPAUX-SMIRAK y un mayor índice del arco, así como un ángulo de CLARKE significativamente menor. Lo cual demuestra una tendencia a mostrar huellas plantares con el arco longitudinal interno descendido. Este hecho ha sido demostrado también por JWORSKI y cols., 1987, aunque según estos autores la evolución de la huella plantar en la población polaca por ellos estudiada evoluciona hasta los 13 años en las chicas y los 15 años en los chicos, disminuyendo

posteriormente. También STAHელი y cols., 1987, analizando el índice del arco, confirma diferencias entre los valores obtenidos en niños y en adultos.

La morfología de la huella plantar precisa de un tiempo que puede ser considerado como fisiológico de adaptación que según BEAUCHAMP, 1987, dura hasta la edad de 5 o 6 años, que es cuando se corrige también el valgo fisiológico de la rodilla.

No hemos encontrado una relación entre el ángulo de torsión tibio-peroneo y la morfología de la huella plantar. Sí hay, como resulta lógico, correlaciones entre los diferentes parámetros del pie analizados; si bien no hemos encontrado un índice de correlación tan alto como el señalado por STAHელი y cols., 1987, y RODRÍGUEZ y cols., 1988, entre el parámetro de un pie y el del otro.

---

## BIBLIOGRAFÍA

---

1. BEAUCHAMP, R.: *Paediatric foot and ankle problems*. Med. Sport Sci., 23, 128-144, 1987.
2. CHIPPAUX, C.: *Elements d'Anthropologie*. Le Pharo, Marsella, 1947.
3. CLARKE, H. H.: *An objective method of measuring the height of the longitudinal arch in foot examinations* Res. Q., 4, 99-107, 1933.
4. DUPUIS, P. V.: *La torsion tibiale*. Desver, Lieja, 1951.
5. HUTTER, C. G.; SCOTT, W.: *Tibial torsion*. J. Bone Jt. Surg., 31A, 511-518, 1949.
6. JANSSEN, G.: *Der kompensatorische Knick-Senckfuss*. Z. Orthop., 120, 278-279, 1982.
7. JAWORSKI, J. M.; PUCH, E. A.: *Morphology of overweighted children foot*. 82 Versammlung der Anatomischen Gesellschaft, Leipzig, 89, 1987.
8. KHERMOSH, O.; LIOR, G.; WEISSMAN, S. L.: *Tibial torsion in children*. Clin. Orthop. Rel. Res., 79, 25-31, 1979.
9. KLING, T. F.; HENSINGER, R. N.: *Angular and torsional deformities of the lower limb in children*. Clin. Orthop. Rel. Res., 176, 136-147, 1983.
10. LE DAMANY, P.: *La torsion du tibia, normale et pathologique, experimentale*. J. l'Anat. Physiol., 45, 598-615, 1909.
11. MALEKAFZALI, S.; WOOD, M. B.: *Tibial torsion. A simple clinical apparatus for its measurement and its applications to a normal adult population*. Clin. Orthop. Rel. Res., 145, 154-157, 1979.
12. MITTAL, I. W.: *Medial torsion of the leg*. Arch. Surg., 28, 909-919, 1934.
13. PASCUAL, J. A.: *Desarrollo del ángulo de torsión tibio peroneo. Su relación con la morfología del pie*. Tesis Doctoral, Alcalá de Henares, 1989.

14. REINMANN, R.: *Kanten and Torsion der menschlichen Fibula*. Acta Anat., 105, 475-483, 1979.
15. RODRÍGUEZ, L. P.; GONZÁLEZ, F. M.; LEAL, R.; ÁLVAREZ, A.: *Estudio y verificación de un nuevo índice plantar*. Rehabilitación, 22, 371-374, 1988.
16. ROSE, G. K.; WELTON, E. A.; MARSHALL, T.: *The diagnosis of the flat foot in the child*. J. Bone Jt. Surg., 67B, 71-78, 1985.
17. ROSEN, H.; SANDICK, H.: *The measurement of the tibiofibular torsion*. J. Bone Jt. Surg., 37 A, 847-855, 1955.
18. SMIRAK, J.: *Prispevek k problematice ploché nohy u skolni a pracujici mlhdeze*. SPN, Praga, 1960.
19. STAHELI, L. T.; ENGEL, G. M.: *Tibial torsion. A method of assesment and a survey of normal children*. Clin. Orthop. Rel. Res., 86, 183-186, 1972.
20. STAHELI, L. T.; CHEW DE; CORBETT, M.: *The longitudinal arch*. J. Bone Jt. Surg., 69 A, 426-428, 1987.
21. WEBER, B. G.: *Inwieweit sind isolierte extreme Torsionsvarianten der unteren Extremitäten als Deformitäten aufzufassen and welche klinische Bedeutung kommt ihnen zu*. Z. Orthop. 94, 287-291, 1961.
22. WESELEY, M. S.; BARENFELD, P. A.; EISENSTEIN, A. L.: *Thoughts on intoeing and out-toeing: twenty years experience with over 5000 cases and a review of the literature*. Foot & Ankle, 2, 49-57, 1981.
23. WYNNE-DAVIES, R.: *Talipes equinovarus*. J. Bone Jt. Surg., 46B, 464-476, 1964.