

Lateralidad de miembro inferior y su relación con la distribución de las presiones plantares en el equilibrio estático

Laterality of lower limbs and relationship with the plantar pressure distribution in the static balance

Carmen Mayolas Pi*, Adoración Villarroya Aparicio*, Joaquín Reverter Masia**

* Universidad de Zaragoza (España), **Universidad de Lleida (España)

Resumen: La distribución de las cargas durante la marcha se ha valorado en muchos estudios, en algunos de los cuales se ha observado la influencia de la lateralidad del individuo en esta distribución. Sin embargo, en estático se han realizado pocos estudios que valoran las posibles causas de una distribución no equitativa de las cargas, algunos según la visión o no del espacio colindante y según la influencia de la lateralidad visual. En nuestro estudio vamos a observar si influye la preferencia lateral del miembro inferior en la distribución de la carga en la planta del pie, utilizando tres pruebas para valorar la dominancia lateral: chute con precisión, equilibrio dinámico y equilibrio estático (Maupas y cols., 2002). Según nuestros resultados, la preferencia lateral de miembro inferior no influye de forma significativa en la distribución de las cargas en la planta del pie, sin embargo, observamos una tendencia a que aumente la carga del miembro izquierdo en los diestros (según las pruebas de equilibrio dinámico y chute con precisión) y en el miembro derecho en los zurdos.

Palabra clave: lateralidad, presiones plantares, equilibrio estático, test lateralidad.

Abstract: The distribution of loads during gait has been evaluated in many studies, some of which have been seen to influence the handedness of the individual in this distribution. However, in the static pool, several studies have been carried out which assess the possible causes of inequitable distribution of the charges, some according to the vision or adjoining space and according to influence of visual laterality. In our study we will observe the influence of the lateral lower limb preference in the distribution of the load on the sole of the foot, using three tests to assess the lateral dominance: shoot with precision, dynamic balance and static balance (Maupas et al. 2002). According to our results, lower limb lateral preference does not influence significantly the distribution of charges in the sole of the foot, however, we observe a tendency to increase the load/weight on the left limb in right-handed people (according to tests of balance dynamic and precision shot) and on the right limb in left handed people.

Key words: laterality, plantar pressures, static balance, laterality test.

1. Introducción

Muchos son los estudios que existen en relación a las presiones plantares, en estático y durante la marcha. Algunos de ellos toman los datos de un solo miembro (Comín y cols., 1999; Ewald y cols., 1994; Vaughan, Davis y O'Connor, 1992; Deschamps y cols., 2009), en algunos casos el motivo es que parten de la hipótesis de que la distribución de la carga es al 50% en cada miembro, en otros casos sólo es para reducir los costes y tiempo (Sadeghi y cols., 2000; Maupas y cols., 2002). Dado que la lateralidad del miembro superior es mayoritariamente diestra en la población (Annett, 2000), los estudios que valoran sólo un miembro toman los datos del lado derecho, sin embargo la lateralidad del miembro inferior no coincide en todos los individuos con la lateralidad del miembro superior (Gabbard y Hart, 1996; Gentry y Gabbard, 1995).

La distribución de las cargas ha sido valorada durante la marcha en varios estudios (Yang, Lamont y Pang, 2005; Wei-Ning, Chien-Jen y Chi-Ying, 2006). Su valoración es importante desde una perspectiva clínica y desde una perspectiva deportiva, dado que se establece su simetría o asimetría, y así se pueden diferenciar los patrones normales de los anormales de la marcha en diferentes grupos de población (Sadeghi, Allard y Duhaime, 2000; Potdevin y cols., 2007). En algunos casos se asume la simetría de la marcha (Gundersen y cols., 1989; Gabbard, 1997), pero actualmente ya se considera la hipótesis inicial de su asimetría (Maupas y cols., 2002; Goble, Marino y Potvin, 2003; Echeverría y cols., 2010). Esta asimetría tiene causas confusas (Seeley, Umberger y Shapiro, 2008) que actualmente se están investigando. Una de esas posibles causas es la diferente dominancia lateral del individuo (Sadeghi y cols., 2000; Maupas y cols., 2002; Seeley, Umberger y Shapiro, 2008; Echeverría y cols., 2010). La diferencia de roles en los miembros inferiores es considerada ya en 1979 en el estudio de Hirasawa, y más tarde consolidada en la Teoría de Peters (1988), por la contribución que

realiza cada miembro en el control y la propulsión requerida en el desplazamiento. Así, algunos estudios asumen que el miembro izquierdo contribuye principalmente a la transferencia del peso corporal mientras que el miembro inferior derecho es el responsable de la propulsión (Sadeghi, Allard y Duhaime, 2000; Seeley, Umberger y Shapiro, 2008; Echeverría y cols., 2010). De hecho, debido a estas diferencias de roles, se considera que no puede haber sólo un criterio para definir la dominancia lateral del individuo, sino varios, por lo que se utilizan varias pruebas como son el chute con precisión, el equilibrio estático y el equilibrio dinámico (Maupas y cols., 2002).

Además de ser estudiada durante la marcha la distribución de las cargas ha sido también valorada en bipedestación por algunos autores. Gatev y cols., (2001) observan sus variaciones en relación a la visión del espacio colindante. Golomer y Mbongo (2004) estudian la influencia de la lateralidad visual y de miembro inferior en el centro de presiones de población adulta. Sin embargo, no hemos hallado estudios que relacionen esta distribución de la carga con la dominancia lateral.

Los estudios relacionados a la marcha en población infantil están justificados por el interés que tiene la base de los patrones motores (Yang y cols., 2005; Stebbins y cols., 2005; Stavlas y cols., 2005; Mickle, Steele y Munro, 2006). Teniendo en cuenta que existen estudios sobre la dominancia en los miembros inferiores en la población infantil (Gabbard, 1993; Iteya, Gabbard y Okada, 1995), no tenemos constancia de estudios que relacionen esta dominancia con las presiones plantares.

Por ello, el objetivo de este estudio es valorar la distribución de las cargas en bipedestación en niños y relacionar los resultados con la dominancia lateral del miembro inferior en tres pruebas: equilibrio estático, equilibrio dinámico y chute con precisión.

2. Material y método

2.1. Sujetos

Un total de 46 casos voluntarios, 25 niños (mean (SD), edad 6.5 años, peso 27.8 (6.7) kg) y 21 niñas (edad 6.5 años, peso 28.3 (5.8) kg), fueron sometidos a una valoración de presiones plantares en estático y a otra de dominancia lateral. El estudio fue aprobado por el Comité Ético de Investigación del Gobierno de Aragón. Para la selección de la muestra

se tuvo en cuenta que los niños fueran saludables de entre 6 y 7 años, excluyendo aquellos con problemas detectados en el pie, que su número de pie no fuera inferior a 28 ni superior a 32 y cuyos tutores dieran el consentimiento informado.

2.2. Medición de la lateralidad

Se determina la lateralidad de las extremidades inferiores mediante la valoración de pruebas objetivas tradicionalmente utilizadas en otros estudios (Gabbard y Hart, 1996; Iteya, Gabbard y Okada, 1995; Maupas y cols., 2002; Mayolas, 2003): chute con precisión, equilibrio estático y equilibrio dinámico. De acuerdo con estudios previos (Lerbert, 1977) diremos que tiene lateralidad diestra si se realizan los intentos con el miembro derecho, lateralidad zurda si se realizan con el izquierdo y ambidiestra si, tras varios intentos, indistintamente se realiza con ambos miembros.

Las pruebas fueron las siguientes:

Prueba 1: Chute con precisión.

Se usa un aro de psicomotricidad de 50cm de diámetro y un balón de plástico, con una línea de lanzamiento en el suelo a cuatro metros del aro. Pedimos al niño que chute el balón para hacer puntería al aro.

Prueba 2: Equilibrio estático.

El niño aguanta 10s en equilibrio sobre un pie (no se le indica cuál) en varios intentos.

Prueba 3: Equilibrio dinámico.

El niño salta con zancada una distancia de 40cm que se va ampliando para aumentar la dificultad (varios saltos). El niño tiene los dos pies dentro de un aro y salta hacia una cuerda que tiene delante de él. Se anota la pierna que lanza primero.

2.3. Medición de las presiones plantares

Se ha utilizado para este estudio de presiones plantares el sistema de registro *PDM 240*, que es un sistema de registro por plantillas basado en un equipo portátil con sensores piezorresistivos que permiten la adquisición, el análisis y el registro de presiones bajo la superficie plantar, tanto en estática como en dinámica. Este sistema fue desarrollado conjuntamente por el Departamento de Ingeniería Electrónica e Informática de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Zaragoza y el Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología del Hospital «Miguel Servet» de Zaragoza. El sistema se compone de: módulo de adquisición, módulo emisor, módulo receptor, microcontrolador, acondicionamiento de la señal, software y hardware (Pérez y cols., 1997).

El registro de las presiones plantares se realiza en una superficie lisa y libre de obstáculos. A cada niño se le valora la presión plantar en posición de equilibrio estático: el niño mantiene la posición de equilibrio de bipeda estación con la mirada fija hacia adelante y los brazos relajados en prolongación del cuerpo durante diez segundos (contado en alto por el observador).

Con el registro de presiones plantares se obtienen los datos de presión promedio y máxima en doce sensores (seis en el miembro derecho y seis en el izquierdo), situados en el antepié externo, antepié interno, mediopié externo, mediopié interno, retropié externo y retropié interno de cada miembro, que agrupamos en tres zonas (antepié, retropié y mediopié) para cada pie. También la presión promedio en cada uno de las zonas citadas según el total de presión ejercida en cada pie y según el total de presión ejercida en ambos pies. Se rectifican los valores obtenidos en g/cm² dividiéndolos por el peso (Mickle y cols., 2006).

De acuerdo con los estudios previos de Seliktar y Mizrahi y Wall y Turnbull (cit. Sadeghi y cols., 2000) para la comparación estadística se determina el Ratio Índice o grado de simetría, dividiendo el valor de la presión ejercida en el miembro derecho por la del izquierdo.

$$\text{Ratio Índice (RI)} = \frac{\text{Pie derecho}}{\text{Pie Izquierdo}}$$

2.4. Método estadístico

Los datos fueron analizados con el paquete estadístico SPSS 15.0. Con este sistema estadístico se han conseguido, por un lado, los valores descriptivos de los parámetros y, por otro, su análisis estadístico, utilizando para los no paramétricos la prueba de U de Mann-Whitney y para los paramétricos la prueba T para la igualdad de medias.

3. Resultados

Los resultados de las tres pruebas de lateralidad realizadas en el miembro inferior dan una mayoría de diestros, pero los resultados son dispares. En el chute con precisión realizan la prueba con el miembro derecho el 89% de los casos, frente a un 76% que utilizan este miembro para el equilibrio estático. La prueba con mayor número de zurdos es la del equilibrio dinámico, donde uno de cada tres casos realiza la con el miembro izquierdo. (Tabla 1)

Tabla 1: Valores porcentuales de niños diestros, zurdos y ambidiestros de miembro inferior según las tres pruebas realizadas.

	Chute con precisión	Equilibrio dinámico	Equilibrio estático
Diestros	89%	59%	76%
Zurdos	11%	33%	22%
Ambidiestros	0%	9%	2%

Tabla 2: Valores de los Ratio Índice de presión plantar promedio según edad y sexo de los evaluados y su significación estadística.

Ratio index	6 años		7 años	
		Sig.		Sig.
	1.06 (0.64)	0.517	0.94 (0.70)	
	Chicas		Chicos	
	1.02 (0.63)	0.581	0.97 (0.66)	

Tabla 3: Comparación de los valores porcentuales de la distribución de la carga en cada miembro y su significación estadística en todos los casos valorados: *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001.

% (SD)	Miembro Derecho	Sig.	Miembro Izquierdo
Antepié	3,14 (4,94)	***0,000	9,17 (10,68)
Retropié	39,58 (19,19)	0,539	43,86 (18,7)
Mediopié	1,90 (5,8)	0,780	2,35 (6,12)

Para el estudio de la presión plantar hemos agrupado todos los casos al no hallar diferencias significativas según edad ni sexo (tabla 2). Los valores de presión porcentual del total de casos valorados los tenemos reflejados en la tabla 3, donde se observa la distribución de las presiones en ambos pies, según las tres zonas del pie, y se comparan los resultados estadísticamente. Los mayores valores de presión se dan en el miembro izquierdo en las tres zonas, siendo las diferencias significativas a nivel de antepié (p<0.001). Así pues, tenemos que la mayoría de los casos tienen una predominancia lateral diestra (tabla 1), pero una mayor presión plantar promedio en el miembro izquierdo (tabla 3).

Para poder comparar los valores de presión, como hemos comentado, hallamos el ratio índice (presión miembro derecho/presión miembro izquierdo) de los casos según su predominancia lateral diestra o zurda de cada prueba de lateralidad (tabla 4). Observamos que los resultados difieren según la prueba de lateralidad utilizada. Para la prueba de chute con precisión cuya gran mayoría la ha realizado con el miembro derecho, así como para la prueba de equilibrio dinámico, que es la que mayor

Tabla 4: Comparación de los valores de los Ratio Índice de presión según la preferencia lateral diestra o zurda en cada una de las tres pruebas realizadas.

Media (DS)	Diestros	Sig.	Zurdos
Chute con precisión			
Ratio Índice	0.98 (0.70)	0,126	1.10 (0.34)
N	41		5
Equilibrio dinámico			
Ratio Índice	0.85 (0.51)	0,258	1.17(0.76)
N	27		15
Equilibrio estático			
Ratio Índice	1.06 (0,71)	0,206	0.82(0,48)
N	35		10

porcentaje de zurdos y ambidiestros tiene, la presión de los diestros se ejerce más con el miembro izquierdo y la de los zurdos más con el miembro derecho. Los casos cuya preferencia lateral es diestra al aguantar sobre un pie, presionan más con el derecho en bipedestación, y los que preferentemente aguantan su equilibrio con el izquierdo, presionan más con el izquierdo ($p=0.206$).

4. Discusión

Los resultados de las pruebas de lateralidad nos muestran una mayoría de niños diestros, fundamentalmente en la prueba de chute con precisión, frente a un porcentaje mucho menor de zurdos, el 33% como máximo en la prueba de equilibrio dinámico, datos semejantes a los de otros estudios (Gabbard, 1993). Mientras los estudios de miembro superior hablan de un 7-9% de población zurda, muchos autores afirman que la proporción de zurdos de miembro inferior es mayor que la de miembro superior (Annet, 2000; Ellis y cols., 1988; Galifret-Granjon, 1984; Zazzo, 1984). Hemos analizado estos datos según la edad y se observa que las diferencias no son significativas, pero que la tendencia es que el porcentaje de diestros no varíe apenas entre los seis y los siete años, sin embargo, disminuye el número zurdos a costa de un aumento de los ambidiestros. Harris (1961) valoró que el predominio del pie no ofrece ningún cambio significativo con la edad; en sus resultados hay un predominio relativamente equilibrado con la edad, y confirma que los porcentajes son más parecidos a los de la mano que a los del ojo. Los resultados de Harris fueron que a los siete - ocho años había un 74'5% de diestros de miembro inferior, de los cuales un 58'2% eran derechos francos y un 16'3% derechos débiles. Hildreth (cit. Lerbert, 1977) obtiene un porcentaje menor de lateralizaciones diestras, entre el 62% y el 73%. En cambio, no todos los autores hablan de un mantenimiento del porcentaje de diestros. Lerbert y Galifret-Granjon afirman la existencia de un proceso de dextralización con la edad. Un estudio actual, Teixeira y Teixeira (2008), que valora niños de entre 6 y 10 años, afirma que no hay influencia de la edad en el miembro inferior de preferencia.

En la segunda parte del estudio hemos analizado los valores de distribución plantar. Según nuestros resultados la carga se realiza fundamentalmente en el retropié, tanto en el miembro derecho como en el izquierdo (Tabla 3). Aunque los primeros estudios describían que la carga se distribuye de una forma homogénea en las zonas plantares (Morton, 1948), actualmente la mayoría demuestran, como en nuestro estudio, que se transmite mayor carga al retropié (Cavanagh y cols., 1987; Rozema y cols., 1996; Comín y cols., 1999; Ewald y cols., 1994) aunque con valores más bajos. De entre ellos, Rozema y cols., (1996) hallaron que la presión del retropié podría ser hasta tres veces mayor en el retropié que en el antepié, sin embargo otros estudios hablan de valores más bajos. Comín (1999) observó en su estudio una distribución de carga de cerca del 60% en el retropié, y Domingo (1997, cit. Comín), indica una presión del 54% en la zona posterior del pie. En todos los casos la presión en la zona posterior se aleja de la hallada por nosotros cercana al 80%, quizás por la edad de la muestra, de hecho (Cavanagh y cols., 1987) nuestra que los niños tienden a desplazar la carga hacia atrás más de lo habitual que en el adulto. Además en esta posición estática, y mucho más en los niños, la distribución de cargas varía constantemente dado que no existe el reposo absoluto y hay un balanceo normal del cuerpo o *dynamic standing* (Viladot Pericé, 1984).

En nuestro estudio observamos que la presión es mayor en el miembro izquierdo que en el derecho en todas las zonas valoradas (tabla 3), siendo la diferencia significativa en la zona del antepié ($p<0.001$). Sin embargo, Tuna y cols., (2004) no hayan diferencias significativas entre las presiones plantares entre el miembro derecho e izquierdo. Esto puede ser debido a que en su estudio, valoran a preadolescentes y en los niños más pequeños, como los de nuestro estudio, existe una tendencia de valgo de talón con mayor presión en su zona interna que para mantener el equilibrio se carga más. La mayoría de los sujetos son diestros (tabla 1) y, por tanto, con mayor control del lado derecho, por lo que puede ser que en el lado izquierdo, con menor control, necesiten

cargar más para mantener el equilibrio. Los ambidiestros de nuestro estudio, muy pocos casos, tienden a hacer mayor presión con el miembro izquierdo o a tener las cargas equilibradas.

Si relacionamos el miembro inferior dominante en cada prueba de lateralidad con el ratio *index de presión plantar*, (tabla 4), observamos que depende de la prueba de lateralidad realizada obtenemos unos resultados u otros. En las dos pruebas dinámicas, chute y equilibrio dinámico, tanto diestros como zurdos tienen una tendencia a presionar más con su miembro no dominante, aunque las diferencias no son significativas. Sin embargo, en la dominancia lateral estática, se tiende a presionar más con el miembro dominante. Esto podría estar de acuerdo con la teoría de Peters (1988) que marca la desigualdad entre los roles de los miembros inferiores, llamando a uno *pie dominante*, que es el que usa el individuo para manipular un objeto, conducirlo o para realizar un salto dinámico, y *pie no dominante* que es el que estabiliza la acción que ejecuta el dominante. Esta teoría ha sido aceptada posteriormente por Previc (1991), Seeley y cols. (2008), y por Echeverría y cols. (2010). Previc matiza que en las acciones bilaterales será la parte contra lateral del cuerpo la que ejecute una extensión para realizar el soporte postural; Seeley y cols. (2008), revelan la evidencia de que si un miembro inferior es el principal responsable para el apoyo y la transferencia de peso corporal durante la marcha, el otro contra lateral contribuye más a la propulsión; y Echeverría y cols. (2010), confirman la diferenciación de roles de los miembros inferiores, uno contribuyendo más a las tareas de propulsión y otro más a las de control, pero que este predominio de las tareas de los miembros no es constante, hallando una gran variedad de comportamientos dinámicos influenciados también por agentes externos.

En consecuencia, en posición estática se muestra también esta diferencia entre roles, siendo el miembro que realiza el apoyo en las tareas dinámicas el que más tendencia tienen a contribuir a la estabilización en la posición de equilibrio en bipeda estación. Sin embargo, el miembro elegido por los casos como el miembro estabilizador sobre un pie (prueba de equilibrio dinámico) es el que tiende a realizar más la contribución al equilibrio en la posición bipeda.

5. Conclusiones

La gran mayoría de los niños evaluados tienen una dominancia diestra de miembro inferior, con una tendencia a cargar más en el miembro inferior izquierdo que en el derecho en posición de bipeda estación. Se tiende a presionar más con el miembro no dominante de las pruebas dinámicas y con el dominante de la prueba estática lo que confirmaría la teoría de la diferenciación de roles en los miembros inferiores incluso en la posición bipeda.

6. Referencias

- Annett, M. (2000). Predicting combinations of left and right asymmetries. *Cortex*, 36(4), 485-505.
- Allard, P., Lachance, R., Aissaoui, R. y Duhaime, M. (1996). Simultaneous bilateral 3-D able-bodied gait. *Human Movement Science*, 15,327-46.
- Cavanagh, P., Rogers, M. y Liboshi, A. (1987). Pressure distribution under symptom - free feet during barefoot standing. *Foot Ankle International*, 7(5), 262-76.
- Comín, M., Pérez, J.M., Villarroya, A., Nerín, S. y Moros, T. (1999). Factores que influyen en presiones plantares. *Medicine and rehabilitation*, 12, 31-9.
- Comín, M. (1999). *Influencia sobre las presiones plantares del calzado blando y duro*. Tesis Doctoral. Facultad de Medicina. Universidad de Zaragoza.
- Deschamps, K., Birch, I., Mc Innes, J., Desloovere, K. y Matricali, G.A. (2009). Inter- and intra-observer reliability of masking in plantar pressure measurement analysis. *Gait & Posture*, 30, 379-382.
- Dopico, J., Iglesias, E., Álamo, J.M., Carratala, E. y Amador, F. (2002). Estudio de variables sobre la relación entre la predominancia lateral

- morfológica y la utilización de habilidades específicas deportivas. *II Congreso de Ciencias del Deporte*. Madrid.
- Echeverría, J.C., Rodríguez, E., Velasco, A. y Alvarez-Ramirez, J. (2010). Limb dominance changes in walking evolution explored by asymmetric correlations in gait dynamics. *Physica A*, 389(8), 1625-1634.
- Ellis, S.J., Ellis, P.J. y Marshall, E. (1988). Hand preference in a normal population. *Cortex*, 24(1), 157-63.
- Ewald, M., Henning, E.M., Staats, A. y Rosenbaum, D. (1994). Plantar pressure distribution patterns of young school children in comparison to adults. *Foot Ankle International*, 15(1), 35-40.
- Gabbard, C. (1993). Foot laterality during childhood: a review. *International Journal of Neuroscience*, 72(3-4), 175-82.
- Gabbard, C. y Hart, S. (1996). A question of foot dominance. *Journal of General Psychology*, 123, 289-96.
- Gabbard, C. (1997). Coming to terms with laterality. *Journal of Psychology*, 131(5), 561-4.
- Galifrét-Granjon, N. (1984). Una batería de predominio lateral. En R. Zazzo, *Manual para el examen psicológico del niño* (pp.28-52). París: Delachaux et Niestlé.
- Gatev P., Koleva V., Petkova G., Dimitrova D. e Ilieva, L. (2001). Changes in plantar pressures during bipedal stance with different stance width. *Acta Physiologica et Pharmacologica Bulgarica*, 26 (3), 137-42.
- Gentry, V. y Gabbard, C. (1995). Foot-preference behavior: a developmental perspective. *Journal of General Psychology*, 122(1), 37-45.
- Goble D.J., Marino G.W. y Potvin J.R. (2003). The influence of horizontal velocity on interlimb symmetry in normal walking. *Human Movement Science*, 22(3), 271-83.
- Golomer, E. y Mbongo, F. (2004). Does footedness or hemispheric visual asymmetry influence centre of pressure displacements? *Neuroscience Letters*, 367(2), 148-51.
- Gundersen L.A., Valle D.R., Barr A.E., Danoff J.V., Stanhope S.J., Snyder - Mackler L. (1989). Bilateral analysis of the knee and ankle during gait: an examination of the relationship between lateral dominance and symmetry. *Physical Therapy*, 69(8), 640-50.
- Harris, A.J. (1961). *Manuel d'application des tests de latéralité*. Bigot. París.
- Hirasawa, Y. (1979). An observation on standing ability of Japanese males and females. *Journal Anthropological Society Nippon*, 87, 81-92.
- Hirasawa, Y. (1981). Left leg supporting human straight (bipedal) standing. *Saiensu*, 6, 32-44.
- Hughes, J., Pratt, L., Linge, K., Clark, P. y Klenerman, L. (1991). Reliability of pressure measurements: The EMED F - System. *Clinical Biomechanics*, 6, 14-18.
- Iteya, M., Gabbard, C. y Okada, M. (1995). Lower - limb speed and foot preference in children. *Perceptual Motor Skills*, 81(3-2), 1115-8.
- Lavigne, A. y Noviel, D. (1994). *Estudio clínico del pie y terapéutica por ortesis*. Barcelona: Masson.
- Lerbert, G. (1977). *La lateralidad en el niño y en el adolescente: niños diestros, niños zurdos*. París: Marfil.
- Maupas, E., Paysant, J., Datie, A.M., Martinet, N. y André, J.M. (2002). Functional asymmetries of the lower limbs. A comparison between clinical assessment of laterality, isokinetic evaluation and electrogoniometric monitoring of knees during walking. *Gait and posture*, 16, 304-12.
- Mayolas, M.C. (2003). Un nuevo test de valoración de la lateralidad para los profesionales de la educación física. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 71, 14-22.
- Mickle, K.J., Steele, J.R., y Munro, B.J. (2006). Does excess mass affect plantar pressure in Young children?. *International Journal Pediatric Obesity*, 1(3), 183-8.
- Morton, D. (1948). *The human foot*. New York: Columbia University Press.
- Pérez, J.M., López, J.E., Martínez, J., Martínez, J. y Orrite, C. (1997). Sistema electrónico portátil PDM 240 para el análisis estático y dinámico del apoyo plantar. *Revista de Medicina y Cirugía del Pie*, 7; XI (1), 55-59.
- Peters, M., (1988). Footedness: asymmetries in foot preference and skill and neuro-psychological assessment of foot movement. *Psychology Bulletin*, 103(2), 179-92.
- Potdevin, F., Femery, V., Decatoire, A., Bosquet, L., Coello, Y. y Moretto, P. (2007). Using effect size to quantify plantar pressure asymmetry of gait nondisabled adults and patients with hemiparesis. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 44(3), 347-354.
- Previc, F.H. (1991). A general theory concerning the prenatal origins of cerebral lateralization in humans. *Psychological Review*, 98, 299-334.
- Rozema, A., Ulbrecht, J., Pammer, S. y Cavanagh, P. (1996). In shoe plantar pressures during activities of daily living: Implications for therapeutic footwear design. *Foot Ankle International*, 17(6), 352-59.
- Sadeghi, H., Allard, P., Prince, F. y Labelle, H. (2000). Symmetry and limb dominance in able-bodied gait: a review. *Gait and Posture*, 12(1), 34-45.
- Sadeghi, H., Allard, P. y Duhaime, M. (2000). Contributions of lower-limb muscle power in gait of people without impairments. *Physical Therapy*, 80 (12):1188-1196.
- Seeley, M., Umberger B. y Shapiro R. (2008). A test of the functional asymmetry hypothesis in walking. *Gait & posture*; 28(1):24-28.
- Seliktar, R. y Mizrahi, J. (1986). Some gait characteristics of below-knee amputees and their reflection on the ground reaction forces. *Engineering in Medicine*, 15(1), 27-34.
- Stavlas, P., Grivas, T., Michas, C., Vasiliadis, E. y Polyzois, V. (2005). The evolution of foot morphology in children between 6 and 17 years of age: a cross-sectional study base don footprints in a mediterranean population. *Journal Foot & Ankle Surgery*, 44(6), 424-428.
- Stebbins, J.A., Harrington, M.E., Giacomozzi, C., Thompson, N., Zavatsky, A. y Theologis, T.N. (2005). Assessment of subdivision of plantar pressure measurement in children. *Gait & Posture*, 22(4), 372-376.
- Stefanyshyn, D.J. y Ensberg, J.R. (1994). Right to left differences in the ankle joint complex range of motion. *Medicine & Science in Sports*, 26(5), 551-5.
- Teixeira, M.C. y Teixeira, L.A. (2008). Leg preference and interlateral performance asymmetry in soccer player children. *Developmental Psychobiology*, 50(8), 799-806.
- Tuna, H., Yildiz, M., Celtik, C. y Kokino, S. (2004). Static and dynamic plantar pressure measurements in adolescents. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*, 38(3), 200-5.
- Vaughan, C.L., Davis, B.L. y O'Connor, J.C. (1992). *Dynamics of human gait*. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- Viladot Pericé, A. (1984). *Diez lecciones sobre patología del pie*. Barcelona: Toray.
- Wall, J.C. y Turnbull, G.I. (1986). Gait asymmetries in residual hemiplegia. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 67, 550-3.
- Wei-Ning, C., Chien-Jen, H. y Chi-Ying W. (2006). The impact of foot progression angle on foot pressure measurement in normal children. *Gait & Posture*, 24(2), 225-227.
- Yang, J., Lamont, E. y Pang, M. (2005). Split-Belt Treadmill stepping in infants suggests autonomous pattern generators for the left and right leg in humans. *The journal of Neuroscience*, 25(29), 6869-6876.

