



Facultad de Ciencias / de la Actividad Física y del Deporte de León.
23 a 25 de Octubre de 2008

ANÁLISIS DE LA PRESIÓN PLANTAR EN EL NORDIC WALKING: POSIBILIDAD DE ACTIVIDAD FÍSICA ALTERNATIVA PARA LA POBLACIÓN CON NEUROPATÍA PERIFÉRICA EL PIE

Pérez, P.; Llana, S.

Departamento de Educación física y deportiva, Universidad de Valencia, Valencia.

Durante la última década, la marcha con bastones "Nordic Walking" (NW), está siendo cada vez más practicada por la población. Son varios los beneficios asociados al NW, sin embargo, se desconoce su efecto en la presión plantar. Como objetivo en este estudio destaca el análisis de la velocidad y experiencia en el NW vs Marcha sobre la presión plantar. Mediante un sistema de Pedobarografía, se registraron las presiones plantares en 9 zonas del pie, empleando 2 velocidades (lenta/rápida), y en 2 condiciones: NW vs Marcha. Los resultados muestran como la experiencia en el NW posee una menor presión en la zona de los metatarsianos centrales (~ 50%), y un incremento en la zona del talón (~ 23%) y primer dedo (~ 13 %) respecto a la marcha. Sin embargo, la práctica del NW modifica el patrón de presión durante la marcha, reduciendo la presión en los metatarsianos (~ 40%), y no posee un aumento significativo de la presión plantar individual, pese al incremento de la velocidad.

Palabras clave: *marcha, presión plantar, nordic walking, velocidad.*

During last decade, Nordic Walking (NW) is more and more being practiced by the population. The benefits associated to NW are several, nevertheless, does not know their effect on plantar pressure. The objective on this study it emphasizes the analysis on the plantar pressure depend on speed and experience on NW vs gait. By means of a Pedobarography system, plantar pressures in 9 zones on foot were registered on 2 speeds (slow/fast) and two conditions (NW versus gait). The results show as the NW experience owns a smaller pressure at the central-metatarsal zone (~ 50%), and increase at heel zone (~ 23%) and first toe (~ 13%) with respect to the gait. Nevertheless, the experience of the NW modifies the pressure pattern during the normal gait, reducing the pressure at the metatarsal (~ 40%), and does not own a significant increase of the individual plantar pressure, in spite of the increase of the speed.

Key words: *gait, plantar pressure, nordic waking, speed.*

INTRODUCTION

La marcha (M) es una actividad rítmica, dinámica y aeróbica que proporciona numerosos beneficios al sistema músculo-esquelético sin apenas efectos negativos (Morris y Hardman, 1997). Es una actividad popular, económica, con un escaso riesgo de lesión, y que a menudo es citada como una de las actividades más practicada (Hardman, 2001). Sin embargo, en los últimos años una nueva modalidad de marcha denominada “Nordic Walking” (NW), está consolidándose como una de las actividades físico/recreativas con mayor número de practicantes, y cuya principal característica respecto a la marcha, es la utilización de un par de bastones que permiten a través de las extremidades superiores, una mayor propulsión al caminar. Esta modificación en la marcha supone una mayor velocidad, la cual podría proporcionar beneficios en el entrenamiento/mantenimiento físico de sus practicantes, asociado con determinadas respuestas fisiológicas como, el incremento de la frecuencia cardiaca, mayor consumo de oxígeno, mayores intercambios en el ratio respiratorio e incremento del gasto calórico, sin incrementar de manera significativa la percepción de esfuerzo (Porcari et al. 1997; Wilson et al. 2000; Church et al. 2002; Schiffer et al. 2006), y especialmente durante el descenso (Perrey, S., y Fabre, 2008).

En relación a los posibles beneficios mecánicos del NW, se observan similares o menores cargas en las extremidades inferiores cuando se realiza en superficies llanas, incluso cuando la velocidad se incrementa (Willson et al. 2001). Sin embargo, existen pocos estudios a cerca de las modificaciones en la mecánica de la marcha con bastones, o los beneficios extra para reducir la carga en las extremidades inferiores (Brunelle y Miller, 1998; Schwameder et al; 1999; Willson et al. 2001).

La función de las extremidades inferiores y del pie durante la marcha han sido estudiadas desde diversas perspectivas (Morag y Cavanagh, 1999), sin embargo todavía se desconocen como afecta a la presión plantar algunos “estilos” de marcha. En este sentido, el análisis de la presión plantar es útil para identificar las magnitudes a las cuales están sometidas diferentes zonas anatómicas del pie, o para la evaluación/prevenición del riesgo de ulceración plantar en pacientes con neuropatía diabética (Kwon y Mueller, 2001), ya que fracturas por estrés, fascitis plantar, espolones, metatarsalgias, sesamoiditis o neuropatías periféricas son consecuencia de estas sobrecargas en el pie (Henning y Milani, 1995). Además, estas diferencias en el patrón de presión plantar no son únicamente consecuencia del estilo de marcha, sino que otros factores como la edad (Burnfield et al. 2004; Hessert et al. 2005), el calzado (Walker and Fan, 1998), o la velocidad de marcha (Zhu et al., 1995; Kernozek et al., 1996; Morag y cavanagh, 1999; Drerup et al. 2001; Segal et al. 2004) también influyen en el patrón de presión plantar.

En este sentido, el objetivo del presente estudio ha sido analizar como influye el estilo y la velocidad de la marcha nórdica vs marcha normal en el patrón de presión plantar, así como el efecto que pudiera ocasionar un elevado grado de experiencia en la práctica del nordic walking sobre el patrón de presión plantar durante la marcha.

MÉTODO

50 sujetos sanos (25 mujeres; 25 hombres) participaron voluntariamente en el estudio (edad media \pm SD = 25,90 \pm 4,54 años, masa media \pm SD = 69,36 \pm 6,48 Kg, talla media \pm SD = 173,25 \pm 5,26 cm). Fueron divididos en 2 grupos según el grado de experiencia en la práctica del NW: 1) 30 sujetos principiantes (15 mujeres: 15 hombres) y 2) 20 sujetos expertos (10 mujeres: 10 hombres), con un media de 6.4 \pm 2.65 años de experiencia. Todos ellos fueron informados de las características experimentales del estudio, y se les entregó un informe de consentimiento para autorizar su participación voluntaria. Antes de los test en el laboratorio, todos los sujetos principiantes recibieron 3 clases prácticas (1.30 hora /clase), que les permitió la familiarización de la marcha con bastones. Igualmente, principiantes y expertos, realizaron un calentamiento previo a los test de 25 minutos.

Los sujetos realizaron los test de manera randomizada, según la condición: marcha (M) o Nordic Walking (NW). Cada una de las condiciones se realizó empleando dos velocidades distintas: (V^1) velocidad baja: seleccionada por cada sujeto, y (V^2) velocidad alta: donde se incrementó en un 20 % la V_1 . En ambas velocidades se permitió un error máximo del 5%, y si el sujeto sobrepasaba este porcentaje debía repetir de nuevo el intento. De este modo, cada sujeto realizó 5 intentos en cada una de las velocidades, con total de 10 intentos por condición. Entre ambas condiciones, los sujetos realizaron un descanso de 5 minutos.

Los test se realizaron en un pasillo de marcha (12m largo x 2m ancho), donde un par de fotocélulas conectadas a un cronómetro electrónico Chronomaster ® (sensibilidad: 0.001s), permitieron obtener la velocidad de paso. Cada sujeto llevó en la zapatilla deportiva “Adidas-Walkaday” del pie derecho, una plantilla instrumentada formada entre 60/70 cerámicas piezoeléctricas (según el tamaño del pie), conectadas a un pequeño instrumento portátil de adquisición que registró la presión plantar de cada paso, con una frecuencia de muestreo de 750 Hz (Biofoot/IBV 2001 ®, Valencia, Spain) (García *et al.*, 1994). Se seleccionó un paso en cada intento, coincidiendo éste entre las fotocélulas para garantizar la velocidad establecida.

Los sensores de la plantilla fueron distribuidos en 9 áreas (Hessert, et al. 2005), referentes a diferentes zonas anatómicas (figura 1). La presión media en cada zona fue definida empleando la media de los valores máximos de cada sensor que configuraban una zona.

Análisis estadístico: Permitió comparar la media de presión plantar en cada zona. Una prueba T de Student y ANOVA mediante el paquete estadístico SPSS.15 ®, permitieron analizar las diferencias con un nivel de significación $p < 0.05$.



Figura 1. Distribución de las 9 zonas de análisis en el pie.

RESULTADOS

La prueba T no detectó diferencias ($p < 0.05$) según el sexo de los participantes en las diferentes zonas del pie. Sin embargo, estas diferencias si fueron significativas ($p < 0.01$; $p < 0.05$) en determinadas zonas, dependiendo del grado de experiencia de los sujetos (tabla 1).

En la figura 2 se pueden observar estas diferencias

ZONAS	Experiencia	MARCHA				NORDIC WALKING			
		$V1$	Sd	$V2$	Sd	$V1$	Sd	$V2$	Sd
TE	Principiante	451.70	168.98	554.45	201.06	471.71	198.97	**551.46	223.69
	Experto	501.38	172.00	637.94	260.39	602.43	224.97	724.36	266.72
TI	Principiante	474.41	168.06	579.39	197.49	*493.91	159.24	**587.56	206.79
	Experto	573.19	157.41	675.61	193.59	662.74	182.10	765.12	224.88
PMI	Principiante	63.92	49.21	76.96	68.88	70.55	64.30	70.55	86.43
	Experto	51.58	30.91	53.04	32.06	55.89	32.96	61.95	70.55
PME	Principiante	63.16	43.01	64.92	55.25	64.20	51.40	68.01	66.53
	Experto	69.55	35.78	68.09	33.83	74.87	38.99	68.66	43.27
C5M	Principiante	**133.75	88.83	95.09	66.49	**108.04	70.39	**87.39	58.27
	Experto	86.57	39.62	70.37	47.20	70.41	13.84	60.47	24.39
MM	Principiante	*194.62	77.94	*153.36	79.22	**153.36	79.22	*119.73	73.53
	Experto	131.04	46.56	92.68	39.88	92.68	39.88	50.83	21.71
C1M	Principiante	146.34	99.36	**184.69	121.77	155.73	106.95	*186.04	125.36
	Experto	101.81	80.60	101.89	80.33	119.60	98.25	93.90	70.65
RD	Principiante	116.40	64.65	115.44	65.06	115.44	65.06	103.15	58.38
	Experto	113.70	91.69	118.59	110.35	118.59	110.35	127.86	122.38
PrD	Principiante	256.05	174.74	285.97	163.99	285.97	163.99	*285.97	163.99
	Experto	365.74	280.32	332.16	221.48	332.16	221.48	332.16	221.48

* Diferencias significativas ($p < 0.01$) entre principiante y experto para la misma velocidad y condición de marcha.

** Diferencias significativas ($p < 0.05$) entre principiante y experto para la misma velocidad y condición de marcha.

Tabla 1. Presiones medias por zona (media \pm SD, N = 50) según el grado de experiencia (Experto vs Principiante), condición (M vs NW) y velocidad (V^1 vs V^2).

encontradas en cada una de las zonas analizadas, observándose como durante la marcha, los expertos reducen (%) la presión plantar respecto a los principiantes en el área de los metatarsianos, concretamente en un 35.3 % y 32.7 % en las zonas C5M y MM a velocidad V^1 , y en un 39.6 % y 44.8 % en las zonas MM y C1M a velocidad V^2 . Sin embargo durante el NW, se observa en los expertos un incremento (%) de la presión plantar respecto a los principiantes en el área del talón y primer dedo, concretamente del 25.5 % en la zona TI a velocidad V^1 , y del 23.9 %, 23.3 % y 13.9 % en las zonas TE, TI y H, a velocidad V^2 . Aunque, y al igual que durante la marcha, también se observa una reducción de la presión en el área de los metatarsianos, concretamente del 34.8 % y 39.7 % en las zonas MM y C1M a velocidad V^1 , y del 30.8 %, 57.6 % 50.6 % en las zonas C5M, MM y C1M a velocidad V^2 .

El RMANOVA detectó diferencias ($p < 0.01$) en la presión plantar cuando se compararon las velocidades para ambas condiciones de marcha, tanto para el grupo de principiantes como para el grupo de expertos. En este sentido, la figura 3 muestra como los principiantes para velocidades bajas (V^1), reducen significativamente en un 21.13% y 32.29 % la presión en las zonas C5M y MM, y a velocidades altas (V^2) reducen con un 25.21 % y 12.26 % las zonas MM y RD. Del mismo modo, los expertos reducen de manera significativa la presión en la zona MM, con un 37.27 % y 49.67 % en las dos velocidades analizadas.

DISCUSIÓN

La función de las extremidades inferiores y del pie durante la marcha ha sido analizadas desde diferentes perspectivas (Morag y Cavanagh, 1999). La marcha, empleada como una actividad saludable para la promoción del mantenimiento físico, ha sido bastante patente en las últimas décadas, ya que entre sus características se observa como a bajas intensidades reduce el riesgo de lesión en las extremidades inferiores. En este sentido, durante la última década un “nuevo estilo” o modalidad de marcha denominada Nordic walking ha sido empleada para la rehabilitación y/o mantenimiento físico, con un notable incremento de practicantes (Hansen et al 2008).

Entre las principales modificaciones observadas en el NW respecto a la marcha, destaca el aumento de la intensidad del ejercicio, debido fundamentalmente a un aumento de la velocidad de la marcha proporcionada por los bastones (Wilson et al. 2001). En la marcha, un incremento de velocidad supone, entre otros aspectos, un aumento de la presión plantar (Ronsenbaum et al., 1994; Morag y Cavanagh, 1999), concretamente en el talón, metatarsianos centrales y medios (Burnfield et al. 2004).

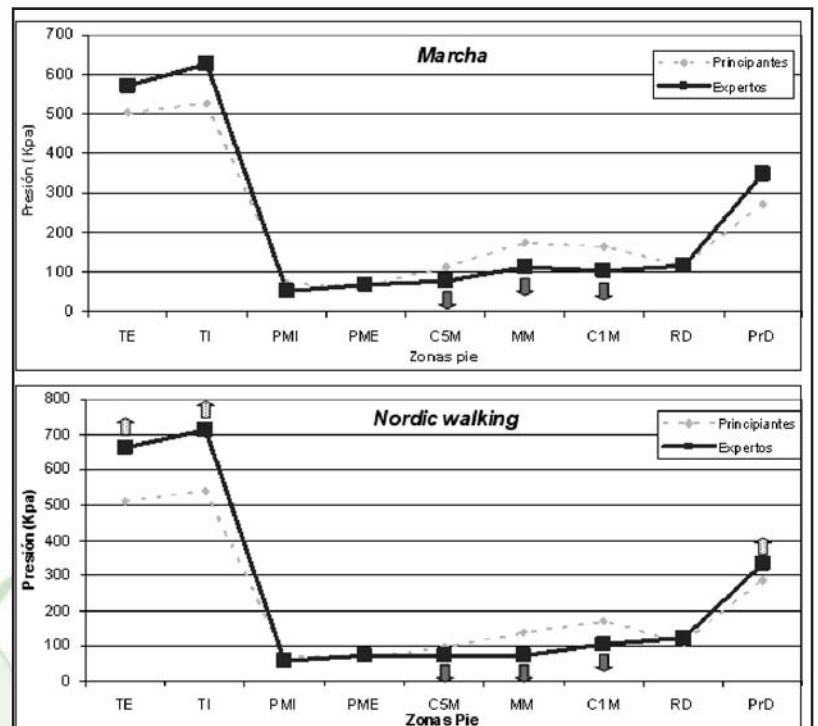


Figura 2. Zonas con diferencias significativas ($p < 0.01$; $p < 0.05$) por condición de marcha en los dos grupos de experiencia analizados.

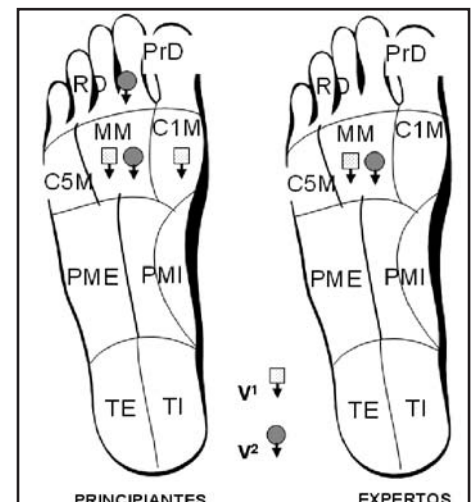


Figura 3. Zonas del pie con una reducción significativa ($p < 0.01$) durante el nordic walking vs marcha, en las dos velocidades empleadas.

El notable incremento de practicantes en el NW, y la asociación de posibles beneficios en su práctica, ha provocado un aumento de la investigación sobre este nuevo “estilo de marcha” (Brunelle y Millar; 1998; Wilson, et al. 2000; Hansen et al 2008; Perrey y Fabre, 2008), que entre otros aspectos, ha permitido demostrar algunas falsas creencias señaladas en la literatura popular y mediática sobre los beneficios del NW, a cerca de la reducción de la carga en el sistema músculo-esquelético (~ 30%) con la utilización de los bastones (Kleindienst et al.2007). Sin embargo, no se ha analizado el efecto y/o repercusión del NW sobre la presión plantar, y una posible recomendación de esta actividad para determinados tipos de poblaciones.

En cuanto a la influencia que posee la experiencia en la práctica del Nordic walking sobre la magnitudes de presión plantar, los resultados parecen señalar lo descrito por Sanderson et al. (2000), donde el grado de experiencia que se tenga en una actividad físico/deportiva realizada de forma continuada, influye sobre el patrón/magnitud de presión plantar. De este modo, los resultados muestran como los expertos respecto a los principiantes, reducen la presión plantar (~ 50%) en la zona de los metatarsianos (2° y 3°), aunque por otro lado, supone un incremento de la presión en la zona del talón (~ 23%) y primer dedo (~ 13 %).

Además, los resultados también muestran diferencias en el patrón de presión durante la condición de marcha según el grado de experiencia en el NW. Así, se observa en el grupo de expertos, como la práctica habitual del NW posee un efecto positivo en la reducción de la presión plantar cuando camina sin bastones, dado que disminuye de forma considerable (~ 40%) y significativa ($p < 0.01$; $p < 0.05$), la presión plantar en la cabeza de los metatarsianos (C5M, MM, y C1M), fundamentalmente en la cabeza del 1° (44.8 %) y 2-3° (39.6 %). Estos resultados, permiten suponer que la práctica habitual del NW modifica el patrón de presión durante la marcha humana, con una considerable reducción de la presión plantar en la cabeza de los metatarsianos.

En cuanto al efecto que posee la velocidad sobre la presión plantar, son varios los estudios (Zhu et al., 1995; Kernozek et al., 1996; Morag y cavanagh, 1999; Drerup et al. 2001; Burnfield et al. 2004; Segal et al. 2004) que relacionan directamente el incremento de la presión plantar con el aumento de la velocidad durante la marcha. En este sentido, el incremento de presión señalado anteriormente en la zona del talón (~ 23%) y primer dedo (~ 13 %), pueda ser debido a causas relacionadas con las mayores velocidades empleadas por los expertos (tabla 1), que a causas debidas por la condición de marcha (M / NW). Y por lo tanto, sea lógico pensar que una mayor experiencia en el NW permite reducir la presión en determinadas zonas del pie, concretamente en la zona de los metatarsianos e independientemente de la velocidad seleccionada.

Sin embargo, respecto al efecto que posee la velocidad de ejecución en ambas condiciones de marcha, parece ser que durante el NW donde la velocidad fue ligeramente superior a la marcha. Se observa de forma significativa reducciones del 20-30 % de la presión plantar en la zona de los 2°-3° metatarsiano para los principiantes, y de aproximadamente el 35-50 % para los expertos. Esto supone, que independientemente de la experiencia que tenga una persona en el NW, y pese a incrementar la velocidad de ejecución, el NW reduce la presión en las zonas de los metatarsianos centrales, siendo considerablemente mayor esta reducción (tabla 2) a medida que aumenta la experiencia. Según señala Kwon y Mueller (2001), esta reducción de la presión plantar parece ser debida a la utilización de los bastones, ya que al ser empleados como instrumentos adicionales durante la marcha, permiten reducir la presión en la zona del antepié. Y en el caso del NW, la utilización de un par de bastones posiblemente también reduzca la presión plantar en la zona del antepié.

Por lo tanto, esta reducción en la carga que soportan las extremidades inferiores durante la marcha rápida y/o a altas velocidades en el NW, podría ser de interés para poblaciones con desórdenes metabólicos crónicos que basan su actividad física en la marcha, como los obesos (Poirier y Després, 2002), o en programas de actividad física que intenten reducir el índice de diabetes en la población (Gregg et al. 2003).

Además, la reducción de la presión plantar en el antepié durante la marcha, es uno de los principales objetivos en la prevención y tratamiento de úlceras en el pie. Y aunque se han empleado plantillas ortopédicas y/o calzado terapéutico, parece ser que alteraciones en el patrón de marcha también han sido útiles para disminuir la presión plantar (Kwon y Mueller, 2001). Por este motivo, y destacando los resultados encontrados, la actividad física basada en el NW pueda ser de interés para pacientes diabéticos con desordenes vasculares y neuropatías, ya que estos desordenes suelen estar relacionados con úlceras en áreas sometidas a elevadas presiones (Singh et al. 2005), permitiendo el NW respecto a la marcha, aumentar la intensidad del ejercicio y la velocidad, sin repercutir de forma negativa en el aumento de la presión plantar, e incluso llegar mediante la práctica continuada (experiencia), a reducir la presión respecto a la marcha en un 30 - 50% en la zona de los metatarsianos: C1M, MM, y C5M .

CONCLUSIÓN

En conclusión, el NW puede considerarse como una nueva forma de actividad física sencilla y accesible para cualquier tipo de población. Representa un tipo de marcha donde el empleo de bastones permite aumentar la velocidad, sin incrementar la presión plantar respecto a la marcha normal. Destacan entre las principales diferencias con respecto a la marcha, la reducción de presión en la zona de los metatarsianos centrales, y como la práctica habitual del NW modifica el patrón de presión plantar de la marcha, concretamente reduciendo las presiones máximas en la zona de los metatarsianos. Por lo tanto, el NW podría llegar a ser considerado como un tipo de marcha recomendable para poblaciones con riesgo de lesión en la zona de los metatarsianos centrales, ya que permite reducir la presión plantar de forma significativa respecto a la marcha, incluso con mayores velocidades de ejecución.

BIBLIOGRAFÍA

- Brunelle, E. A., and M. K. Miller. (1998). The effects of walking poles on ground reaction forces. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 69 (Suppl.):A30.
- Burnfield JM, Few CD, Mohamed OS, Perry J. (2004). The influence of walking speed and footwear on plantar pressures in older adults. *Clinical Biomechanics*, 19 (1), 78-84.
- Cavanagh, P.R. and Ae, M. (1980) A technique for the display of pressure distribution data beneath the foot. *Journal of Biomechanics* 13:69-75.
- Cavanagh PR, Ulbrecht JS, Zanine W, Welling RL, Leschinsky D, van Schie C. (1997). A method for the investigation of the effects of outsole modifications in therapeutic footwear. *Foot & Ankle international*. 17(11):706-8.
- Gregg, E.W; Gerzoff, R.B; L; Caspersen, C.J; Williamson, D.F; Venkat, K.M. (2003). Relationship of walking to mortality among US adults with diabetes. *Archives of Internal Medicine*. 163 (12):1440-1447.
- García, A.C., Durà, J.V., Ramiro, J., Hoyos, J.V. and Vera, P. (1994). Dynamic study of insole materials simulating real loads. *Foot & Ankle International*. 15, 311-323.
- Hardman, A.E. (2001). *International Journal of Epidemiology*. 30: 1193-1197.
- Hansen L, Henriksen M, Larsen P, Alkjaer T. (2008). Nordic Walking does not reduce the loading of the knee joint. *Scandinavian Journal Medicine and sports*. 1-6.
- Hessert, M.J., Vyas, M., Leach, J., Hu, K., Lipsitz, L.A., y NovaK, V. (2005). Foot pressure distribution during walking in young walking and old adults. *BMC Geriatrics*, 5,(8).
- Hennig, E. M. and Milani, T. L. (1995). In-shoe pressure distribution for running in various types of footwear. *Journal of Applied Biomechanics*, 11, 299-310.
- Kleindienst FI, Michel KJ, Stief F, Wedel F, Campe S, Krabbe B (2007). Vergleich der Gelenkbelastung der unteren Extremitäten zwischen den Bewegungsformen Nordic Walking, Walking und Laufen mittels Inverser Dynamik. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*. 58 (4).13-19.
- Kernozek, T.W., LaMott, E.E. y Dancisak, M.J. (1996). The reliability of an in-shoe pressure measurement system during treadmill. *Foot & Ankle International*, 198-211.
- Morag, E., y Cavanagh, P.R. (1999). Structural and functional predictors of regional peak pressures under the foot during walking. *Journal of Biomechanics*, 32, 359-370.
- Morris JN, Hardman AE (1997). Walking to health. *Sports Medicine*. 23(5):306-32.
- Nalini Singh, MD; David G. Armstrong, DPM, MSc, PhD; Benjamin A. Lipsky, MD (2005). Preventing foot ulcers in patients with diabetes. Clinicians order. *Journal American Medicine Association*. 293:217-228.
- Oh-Yun Kwon and Michael J Mueller (2001). Walking Patterns Used to Reduce Forefoot Plantar Pressures in People With Diabetic Neuropathies. *Physical Therapy*, 81 (2). 828-835.
- Perrey, S., y Fabre, (2008). Exertion during uphill, level and downhill walking with and without hiking poles. *Journal of Sport Science and Medicine*, 7, 32-38.

- Porcari JP, Hendrickson TL, Walter PR, Terry L, Walsko G. (1997). The physiological responses to walking with and without Power Poles on treadmill exercise. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 68(2): 161-66.
- Poirier P, Després JP. (2002). Exercise in weight management of obesity. *Cardiology Clinical*. 19 (3):459-70.
- Ronsenbaum, D., Hautman S., Gold, M y Claes, L. (1994). Effects of walking speed on plantar pressure patterns and hindfoot motion. *Gait Posture*, 2 (3), 191-197.
- Sanderson DJ, Hennig EM, Black AH (2000). The influence of cadence and power output on force application and in-shoe pressure distribution during cycling by competitive and recreational cyclists. *Journal Sport Science*. 18(3):173-81.
- Segal A, Rohr E, Orendurff M, Shofer J, O'Brien M, Sangeorzan B. (2004). The effect of walking speed on peak plantar pressure. *Foot & Ankle International*., 25(12):926-33
- Schiffer T, Knicker A, Hoffman U, Harwig B, Hollmann W, Strüder HK. (2006). Physiological responses to nordic walking, walking and jogging. *European Journal Applied Physiology*, 98(1):56-61.
- Schwameder, H., Roithner, R., Muller, E., Niessen, W., y Raschner, C. (1999). Knee joint forces during downhill walking with hiking poles. *Journal Sport Science*, 17. 969-978.
- Timothy S. Church, Conrad P. Earnest, and Gina M. Morss (2002). *Field Testing of Physiological Responses Associated With Nordic Walking*. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 73 (3), 296-300.
- Willson J, Torry MR, Decker MJ, Kernozek T, Steadman JR. (2001) Effects of walking poles on lower extremity gait mechanics. *Medicine & Science in Sport & Exercise*, 33 (1):142-7.
- Zhu H, Wertsch JJ, Harris GF, Alba HM. (1995). Walking cadence effect on plantar pressures. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 76(11):1000-5.