



BIOCIENCIAS

Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud

Vol. 3- año 2005

SEPARATA



PLATAFORMAS DINAMOMÉTRICAS. APLICACIONES

Susana Collado Vázquez

Universidad Alfonso X el Sabio

Facultad de Ciencias de la Salud

Villanueva de la Cañada

© Del texto: Susana Collado Vázquez

Diciembre, 2004.

http://www.uax.es/publicaciones/archivos/CCSREV05_007.pdf

© De la edición: BIOCIENCIAS. Facultad de Ciencias de la Salud.

Universidad Alfonso X el Sabio.

28691, Villanueva de la Cañada (Madrid).

ISSN: 1696-8077

Editor: Susana Collado Vázquez ccsalud@uax.es

No está permitida la reproducción total o parcial de este artículo, ni su almacenamiento o transmisión por cualquier procedimiento, sin permiso previo por escrito de la revista BIOCIENCIAS.

PLATAFORMAS DINAMOMÉTRICAS.

APLICACIONES

Susana Collado Vázquez

Doctora en Medicina y Cirugía. Profesora de Fisioterapia de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Alfonso X el Sabio. Coordinadora de Motricidad.

Dirección de correspondencia: Susana Collado Vázquez. Universidad Alfonso X el Sabio scollvaz@uax.es

RESUMEN:

Existen múltiples aplicaciones de las plataformas de fuerza en estudios de marcha, tanto normal como patológica (traumatismos, amputaciones, trastornos neurológicos, etc.), aplicaciones en el campo deportivo, ergonómico o en la industria del calzado.

En el presente artículo hemos realizado, en primer lugar, una descripción de las plataformas dinamométricas y a continuación una revisión de las aplicaciones de las plataformas de fuerza.

Nos hemos centrado principalmente en estudios de marcha normal y patológica, pero también hemos hecho referencia a otros campos de aplicación como la industria o el deporte.

PALABRAS CLAVE:

Plataformas de fuerza, marcha, fuerzas de reacción del suelo

ABSTRACT:

There are several force plates applications in gait studies not only normal gait studies but also pathological gait studies as well (e.g. traumatism, amputation, neurological pathology), applications in sports, ergonomics, or shoes industry.

In this article we have described first dinamometric platforms and after that we have presented a revision of some force plates applications.

We have presented fundamentally several studies of normal and pathological gait but also another applications in industry or sports.

Key words:

Force plates, gait, ground reaction forces

Agradecimientos:

JM Carrillo

1. INTRODUCCIÓN:

En el siglo XIX se describieron las primeras plataformas dinamométricas; Beely en 1892 y Marey en 1894. En 1916 Amar diseñó una pista dinamométrica que registraba fuerzas en cuatro direcciones: vertical, horizontal, lateral externa y lateral interna. En 1952 Cunningham y Brown fabricaron una plataforma dinamométrica en cuyo diseño se han basado muchos sistemas posteriores de análisis de fuerzas (1-3).

Se han descrito diversos tipos de plataformas dinamométricas que permiten medir las fuerzas ejercidas en los tres ejes, por ejemplo Ramey, 1975 (4), Mataka, 1976 (5), Cohen, 1980 (6), Gola, 1980 (7), Hidetoshi Watanabe et al., 1998 (8), Yoshitaka Tanaka, 1998 (89), Tomokazu Hattori, 1998 (10), Mickelborough, 2000 (11), entre otros.

Con las plataformas de fuerza se han llevado a cabo estudios de la marcha normal y patológica en poblaciones de diversa edad y distintas características (Tabla 1), pero también se han empleado las plataformas dinamométricas para conocer las fuerzas de reacción que se ejercen en otras acciones o movimientos, como por ejemplo estudios ergonómicos o estudios cinéticos de diversas modalidades deportivas (carrera, salto, etc.).

Tabla 1. Tabla que incluye varios estudios sobre la marcha con plataformas de fuerza y recoge características de la muestra (edad, sexo y estado de normalidad o patología).

	MUJERES	VARONES	EDAD	PATOLOGÍA TÉCNICA
Jahnke et al.	57	91	15-84	Hemiparesia Plataformas
Hesse et al.	15	25	15-74	Hemiparesia Plataformas
Arya et al.	0	3	43-47	Amputados Plataformas
Crowe et al.	25	0	23,56	Sanos Plataformas
Mickelborough et al.	5	7	23-53	Sanos Plataformas, tridimensional
San Gil Sorbet	17	16	18-21	Sanos Plataformas, huellas
Rodríguez Torres	31	31	5-6	Sanos Plataformas, antropometría
Collado Vázquez,S	37	22	18-40	Sanos. Plataformas, huellas.

La introducción de programas informáticos cada vez más sofisticados ha facilitado el análisis cinético de la marcha con plataformas de fuerza.

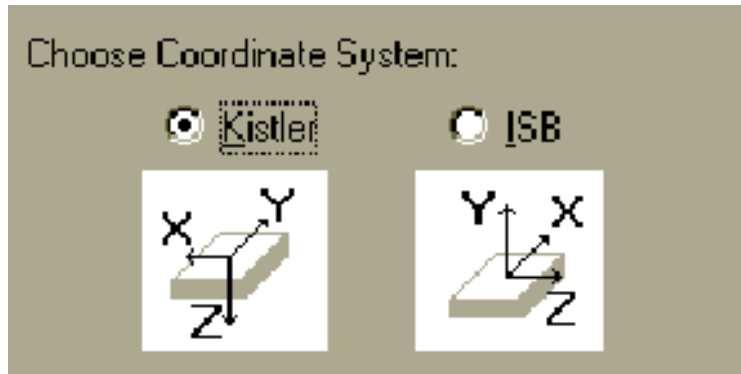
2. PLATAFORMAS DINAMOMÉTRICAS:

Las plataformas dinamométricas son sistemas de análisis cinético del movimiento que permiten medir las fuerzas que el pie ejerce sobre el plano de apoyo durante la marcha, la carrera o el salto (12-14).

Estas técnicas tienen su fundamento en la tercera ley de Newton *-principio de acción-reacción-* que dice que puede obtenerse el valor de una fuerza externa ejercida sobre una superficie al hallar la fuerza que origina,

igual en magnitud y dirección, pero de sentido contrario. Toda fuerza aplicada sobre la plataforma dinamométrica producirá una señal eléctrica proporcional a la fuerza que se haya aplicado y que se proyectará en los tres ejes del espacio (x, y, z) (13-16) (figura 1).

Figura 1. Sistema de coordenadas.



Una plataforma dinamométrica es una superficie plana cuyo desplazamiento, debido a una fuerza, se puede medir. La plataforma ha de ser rígida, para que dicho desplazamiento resulte imperceptible a la persona que camina, corre o salta sobre dicha plataforma (Figura 2).

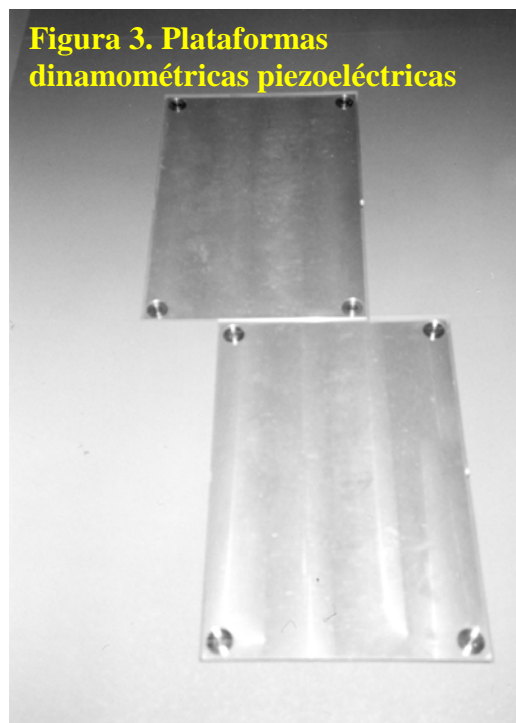


Para medir estos desplazamientos mínimos las plataformas han de estar equipadas con unos sensores (galgas extensiométricas, cristales piezoeléctricos) conectados a un sistema electrónico de amplificación y registro (14-16).

Existen distintos tipos de plataformas de fuerzas; de cristales piezoeléctricos, de galgas extensiométricas, capacitativas, etc. Las plataformas dinamométricas de galgas extensiométricas están compuestas por una plataforma rígida de acero que está montada sobre cuatro columnas en las que se encuentran las galgas extensiométricas (15,16).

Cuando se ejerce presión sobre la plataforma se producen pequeñas tensiones sobre las columnas que la soportan y esto origina cambios sobre las galgas. La medición de esos cambios se utiliza para obtener la fuerza resultante en los tres eje del espacio, asimismo se puede determinar el punto de aplicación de dicha fuerza en cada momento del apoyo. (13,16)

Las plataformas dinamométricas piezoeléctricas (Figura 3) se basan en el mismo principio de cambio de resistencia eléctrica pero en su diseño se emplea material con propiedades piezoeléctricas, lo que tiene como consecuencia la creación de pequeñas cargas de electricidad estática dentro del material como respuesta a la presión ejercida. (15,16)



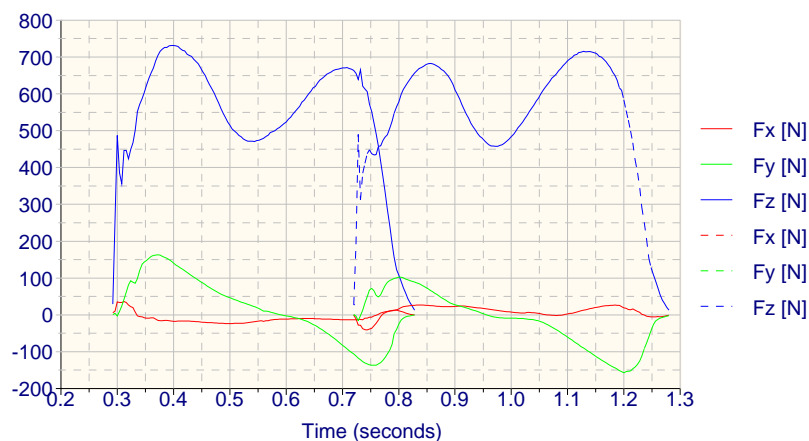
La componente vertical es la de mayor magnitud y está relacionada con la gravedad (peso del cuerpo actuando sobre el pie). Al estudiar la gráfica de esta componente vertical se observa una curva con dos picos (choque de talón y empuje), el primero de ellos situado al inicio y el segundo al final de la gráfica, los cuales coinciden con las dos fases de doble apoyo que tienen lugar en cada ciclo de la marcha (12, 15-17). Los valores que se registran en esos dos picos son superiores al peso del cuerpo y su magnitud se modifica con las variaciones de la velocidad. Entre ambos picos existe un valle que correspondería a la fase de apoyo monopodal o de apoyo del pie, en que todo el peso del cuerpo recae sobre la extremidad inferior apoyada en el suelo. Las fuerzas paralelas, anteroposterior y mediolateral son de menor magnitud y están originadas por las fuerzas de fricción entre el pie y el suelo (15,16) .

La componente anteroposterior está representada por una curva que en su inicio indica la deceleración o frenado que se produce en el choque de talón y que alcanza su máximo valor en la fase de doble apoyo, posteriormente la fuerza disminuye hasta hacerse cero en el momento del apoyo monopodal, cuando el centro de gravedad se encuentra sobre el pie que soporta toda la carga, después se observa un nuevo pico en la gráfica que alcanza un valor máximo cuando se inicia la fase de apoyo bipodal (12, 17).

La componente mediolateral es la de menor magnitud. Indica las desviaciones laterales del pie durante la marcha. Su amplitud es mayor cuando aumenta la inestabilidad del sujeto (12,14).

Por último las fuerzas de torsión son aquellas que traducen los movimientos de rotación interna y externa de la extremidad inferior durante el proceso de deambulaci3n (12,18).

Figura 3. Gráfica de las fuerzas. En azul están representadas las fuerzas verticales, en verde las anteroposteriores y en rojo las mediolaterales.



Estas plataformas pueden emplearse en el campo de la Biomecánica para realizar estudios de la marcha en humanos y animales, tienen aplicaciones en Ortopedia, como método de ayuda para el diseño y adaptación de prótesis, así como diversas aplicaciones en Neurología, Rehabilitación, Geriátrica, Traumatología, Pediatría, Medicina Deportiva, sin olvidar otras aplicaciones en la industria, campo militar, deporte, etc. (12,14, 15,19).

APLICACIONES DE LAS PLATAFORMAS DE FUERZA EN ANÁLISIS DE LA MARCHA:

- **Análisis de la marcha normal:**

Los estudios de marcha en sujetos normales empleando plataformas de fuerza tienen gran importancia para la obtención de poblaciones de referencia y para el conocimiento de la influencia de diversos factores individuales como sexo, características antropométricas, personalidad, emociones, etc. o extrínsecos como el calzado o el tipo de terreno (12, 19-24).

Crowe, Schierck, de Boer y Keesen analizaron la marcha en 25 mujeres sanas con una edad media de 23⁷56 años a las que hicieron caminar sobre plataformas dinamométrica (21) y Herzog et al. realizaron un estudio cinético de la marcha normal empleando también una muestra de sujetos sanos (25).

Se han llevado a cabo, asimismo, estudios combinando varias técnicas de análisis de la marcha, por ejemplo Mickelborough, Linden, et al. (26) estudiaron una población de 12 sujetos sanos, 5 mujeres y 7 varones, con edades comprendidas entre 23-53 años mediante plataformas de fuerza y análisis tridimensional; San Gil Sorbet analizó mediante plataformas dinamométricas y estudio de improntas plantares una población de 17 mujeres y 16 varones de 18 a 21 años sin patologías (17); Rodríguez Torres (27) analizó la marcha con plataformas de fuerza y estudio antropométrico en una población de 62 niños de 5 y 6 años, 31 del sexo femenino y 31 del sexo masculino o Collado Vázquez S. Realizó un estudio en 59 sujetos normales, 37 mujeres y 22 varones, empleando plataformas de fuerza y análisis de huellas plantares, estudio en el que se analizó la influencia de diversos factores, tanto intrínsecos (género, peso, altura) como extrínsecos (transporte de carga) en diversos parámetros cinéticos de la marcha (19). (Figura 4)

- **Análisis de la marcha en patologías neurológicas:**

Las patologías neurológicas suelen llevar consigo alteraciones motrices y en concreto modificaciones de la marcha por alteraciones del equilibrio, coordinación, tono muscular, parálisis y paresias, etc.

Se han llevado a cabo numerosos estudios con plataformas de fuerza en enfermos neurológicos, principalmente en parálisis cerebral infantil (12), mielomeningocele, (28) hemiparesia y hemiplejia (29-32), neuropatía diabética (33), vestibulopatía (34).



Jahnke, Hesse, Schreiner y Mauritz (29) estudiaron mediante plataformas de fuerza una población de 57 mujeres y 91 varones con edades comprendidas entre 15 y 84 años con hemiparesia.

Hesse, Jahnke, Schreider y Mauritz (30) analizaron con plataformas dinamométricas de las mismas características a las que hemos empleado en nuestro estudio una muestra de 40 sujetos con hemiparesia, 25 varones y 15 mujeres con edades comprendidas entre 15 y 74 años, con una media de edad de 54.9 años, de los cuales 17 padecían hemiparesia del lado derecho y 23 del lado izquierdo.

- **Análisis de la marcha en amputados**

El sujeto al que se le ha amputado uno de los miembros inferiores pierde el soporte estático, la función del complejo articular así como la información sensorial tanto propioceptiva como exteroceptiva. Por todo ello sufren alteraciones posturales y de la marcha (12, 15).

Los estudios de la deambulación en estos sujetos tienen gran importancia para el diseño de nuevas prótesis y como control de la adaptación de estos sujetos a las prótesis empleadas y la evaluación del proceso de reeducación de la marcha (12,15).

Se han realizado estudios de la influencia del tipo de terreno en la marcha de pacientes con amputación de la extremidad inferior (35)

Ayra, Less, Nirula y Klenerman (36) estudiaron con plataformas dinamométricas a tres varones amputados con edades comprendidas entre 43 y 47 años, para apreciar las características y evolución de la marcha en estos pacientes.

- **Geriatría:**

Los ancianos presentan ciertas peculiaridades en su patrón de marcha, además existen patologías más frecuentes en edades avanzadas que tienen una influencia sobre el sistema nervioso, aparato locomotor, etc. y que van a provocar distintas alteraciones del patrón de marcha.

Es de interés conocer las modificaciones que se producen en la marcha del anciano y en su equilibrio para la prevención de caídas, tan frecuentes en personas de edad avanzada (12).

Ramiro J (37) estudió una muestra de nueve varones y nueve mujeres para analizar la influencia de distintos tipos de calzado en personas mayores. Para ello empleó análisis tridimensional con vídeo, acelerometría, cronómetro, y plataformas dinamométricas. Observó que a más velocidad los dos picos y el valle están más acentuados, mientras que a velocidades lentas el valle prácticamente desaparece.

- **Análisis de la marcha tras cirugía reparadora:**

Para evaluar los resultados de la cirugía y la evolución del paciente. Principalmente se han realizado estudios en sujetos con prótesis internas de rodilla y cadera. Es de interés el estudio comparativo de la evaluación de la marcha prequirúrgica y postquirúrgica, así como el estudio de la evolución del paciente tras la cirugía (12,15).

- **Ayudas técnicas:**

Son importantes los estudios de marcha en sujetos a los que se les van a prescribir ayudas técnicas para la marcha, para determinar cuál es la ayuda más adecuada y que pueda ofrecer al paciente una mayor seguridad, según las alteraciones que presente. También son útiles estos estudios para evaluar la eficacia de las ayudas prescritas (12) Se pueden realizar estudios con muletas instrumentadas para conocer el porcentaje de descarga que el sujeto hace sobre dicha muleta (38).

- **Ejército:**

En el campo militar se han realizado diversos estudios de la marcha para evaluar como influye en las distintas fases del ciclo de la marcha el calzado pesado que utilizan los militares, analizar la influencia del transporte de carga durante las largas marchas y maniobras (víveres, armamento) sobre el proceso de deambulación, calcular el gasto de energía durante esas marchas, etc. (39,40).

- **Medicina Deportiva:**

En el campo del deporte lo que se estudia con más frecuencia son aspectos como el gasto de energía, coordinación de movimientos, evaluación de la capacidad física durante la marcha, el salto y la carrera. Con estos estudios se pretende la prevención de lesiones deportivas y el mantener al deportista en la mejor forma física. También se emplean estas técnicas para la evaluación de alteraciones de la marcha o el movimiento tras lesiones deportivas, la evolución del deportista y efectividad del tratamiento de rehabilitación (12,15).

- **Patologías del aparato locomotor y fracturas:**

Para evaluar la patología y la evolución del paciente. También útiles a la hora de prescribir ortesis y calzados ortopédicos y realizar un control y seguimiento para ver la efectividad o la necesidad de ser modificados, análisis de la evolución de fracturas, etc. (12,15,38).

Yoshitaka Tanaka (9) estudió una muestra de 109 mujeres, 24 con osteoartritis de cadera y 85 con artroplastia total de cadera con una media de edad de 60.8 años. También estudió un grupo control de 56 personas sanas. Para su análisis empleó unas plataformas de fuerza, así como unas cámaras para análisis óptico y midió velocidad, cadencia, longitud del paso, ángulos de movimiento y fuerzas de reacción del suelo. Con este análisis obtuvo que en la población normal, empleada como población control las medidas relacionadas con la edad fueron la velocidad, la magnitud del pico de la gráfica en la fase de aceleración, la fuerza del músculo abductor de la cadera y del flexor en el momento de flexión (todos estos valores disminuían con la edad) (9).

- **Valoraciones funcionales:**

La marcha es una actividad de la vida cotidiana que se estudia con frecuencia en las valoraciones funcionales, junto con otras actividades como subir y bajar escaleras o mantener el equilibrio en distintas posiciones y al realizar cambios posturales (12,19,41).

- **Zoología:**

Las técnicas descritas en los apartados anteriores también tienen aplicaciones para el estudio de los movimientos de los animales. Principalmente se han empleado con caballos para mejorar su rendimiento en las distintas pruebas hípicas (19).

- **Industria:**

De utilidad en la industria zapatera y especialmente en la fabricación de calzado deportivo, para conseguir el calzado más adecuado en cada especialidad deportiva, teniendo en cuenta factores como rozamiento, flexibilidad, sujeción, amortiguación, etc. También para fabricar los calzados más idóneos para cada tipo de pie, edad y estado de salud, asegurando comodidad y adecuada sujeción del pie y evitando lesiones, dolor o deformidades podálicas (19,37 42-44).

3. Otras aplicaciones de las plataformas de fuerza:

Las plataformas dinamométricas además de utilizarse para estudios de la marcha normal y patológica pueden aplicarse en otros campos; en el deporte, industria, ejército, zoología, ergonomía, etc.

Estudios ergonómicos (45) lanzamiento de peso (46,47), salto de esquí (48), carrera (49,50), boxeo (51), estudios del equilibrio (52-54), estudio comparativo entre la marcha y el jogging (36), entre otros.

CONCLUSIONES:

- Las plataformas dinamométricas tienen múltiples aplicaciones tanto en el análisis de la marcha normal y patológica como en otros muchos campos; ergonomía, análisis del equilibrio, deporte o industria del calzado.
- Las plataformas de fuerza pueden emplearse de forma aislada o conjuntamente con otras técnicas de análisis cinemático o fisiológico para obtener un conocimiento más completo de la marcha o de otros movimientos.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Paul, J. P. History and fundamentals of gait analysis. *Bio-Medical Materials and Engineering* 8(1998) 123-1235.
2. Comín Comín M, Villarroya Aparicio A, Pérez García JM, Nerín Ballabriga S, Marco Sanz C. Análisis de las presiones plantares. Técnicas y aplicaciones. *Medicina de Rehabilitación* Vol. XII. Nº3.1999. 22-30.
3. Collado Vázquez S. Marcha: historia de los procedimientos de análisis. *Biociencias* 2004
4. Ramey M. R. Force Plate designs and applications. *Exercise Sport Science* 3: 303-319. 1975.
5. Mataka T. The new force plate study. *Biomechanics* 426-432. 1976
6. Cohen A, Orin D E, Marsolais E B. The gait laboratory force plate at the Cleveland V A Medical Center. *Bull Prosthet Rev.*10 (33): 90-97. 1980 Op. Cit. San Gil Sorbet, M^a Amaya. Análisis dinámico de la marcha. estudio de los centros de presión sobre la huella plantar. influencia de los distintos calzados. Tesis Doctoral. Facultad de medicina de la Universidad de Alcalá de Henares, 1.991
7. Gola M.M. Mechanical design, constructional details and calibration of a new force plate. *Journal of Biomedical Eng.* 13: 113-128. 1980.
8. Watanabe H, Shimadaa Y, Sato K, Tsutsumi Y, Sato M. Gait Análisis before or after varus osteotomy of the fémur for hip osteoarthritis. *Bio-Medical Materials and Engineering* 8 (1998) 177-186.

9. Yoshitaka Tanaka. Gait Analysis of patients with osteoarthritis of the hip and the those with total hip arthroplasty. *Bio-Medical Materials and Engineering* 8 (1998) 187-196.
10. Tomokazu Hattori. Body up-down acceleration in kinematic gait analysis in comparison with the vertical ground reaction force. *Bio-Medical Materials and Engineering* 8 (1998) 145-154.
11. Mickelborough J. ; van der Linden M.L.; Richards J. ; Ennos A. R. Validity and reliability of a kinematic protocol for determining foot contact events. *Gait and Posture* 11(2000) 32-37.
12. Ramos Sánchez, Mabel. Utilidad del análisis tridimensional de la marcha como sistema evaluador del estado clínico y funcional de pacientes sometidos a artroplastia de rodilla. Tesis doctoral. Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid. Madrid, 2000.
13. Merriman Linda M. Tollafield David R. Assessment of the lower limb. Churchill Livingstone, 1.995.
14. Collado Vázquez S. Métodos de estudio de la marcha. En: Collado Vázquez S, Pérez García C, Carrillo JM. Motricidad. Fundamentos y aplicaciones. Madrid: Dykinson; 2004.p. 281-288.
15. Sánchez–Lacuesta Javier. Biomecánica de la marcha humana normal y patológica. Instituto de Biomecánica de Valencia. Martín Impresores, SL. 1.993
16. Núñez Samper, Mariano. Llanos Alcázar, Luis Fernando. Biomecánica, Medicina y Cirugía del pie. Masson S.A. Barcelona, 1.997.
17. San Gil Sorbet, M^a Amaya. Análisis dinámico de la marcha. estudio de los centros de presión sobre la huella plantar. influencia de los distintos calzados. Tesis Doctoral. Facultad de medicina de la Universidad de Alcalá de Henares, 1.991
18. Viladot Perice A., Viladot Voegeli A. La marcha humana. *Revista ortopédica de traumatología* 199; 34:99-108.
19. Collado Vázquez S. Tesis.
20. Biociencias
21. Crowe A.; Schiereck P.; de Boer R.; Keesen W. Characterization of gait of young adult females by means of body centre of mass oscillations derived from ground reaction forces. *Gait & Posture* 1993, 1: 61-68.
22. Kerrigan DC, Tood MK, Della Croce U. “Gender differences in joint biomechanics during walking normative. Study in young adults”. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 1998. Enero-febrero, 77 (1): 2-7.

23. Schwartz RP, Heath AL, Morgan DW, Towns RC. "A quantitative analysis of recorded variables in the walking pattern of normal adults". *Journal Bone Joint Surgery*. 1964; 46 A (2): 324-334.
24. Nagasaki, H. "Walking patterns in human free walk". *Gait & Posture* Volume 3, Issue 4, diciembre, 1.995
25. Herzog W, Nigg B, Read L. Asymmetry in ground reaction force patterns in normal human gait. *Med. Sci. Sports Exerc*. 1989; 21: 110-114.
26. Mickelborough J. ; van der Linden M.L.; Richards J. ; Ennos A. R. Validity and reliability of a kinematic protocol for determining foot contact events. *Gait and Posture* 11(2000) 32-37.
27. Rodríguez Torres, Rosa. Análisis de la marcha infantil. Tesis Doctoral. Departamento de Ciencias Morfológicas y Cirugía de la Facultad de Medicina de la Universidad de Alcalá de Henares 1.993.
28. Soria Valle L, Sarmiento González Nieto V, Ramos Domínguez V, Toledo González M. "Deambulaci3n en el mielomeningocele. Estado de las caderas y otros factores pron3sticos asociados. Revisi3n clínicay bibliográfica" *Rehabilitaci3n*, 1991, 25 (4): 217-221.
29. Jahnke MT, Hesse S, Chreiner C, Mauritz K-H. Dependences of ground reaction force parameters on habitual walking speed in hemiparetic subjects. *Gait & Posture* 1995; 3 (1)
30. Hesse SA, Jahnke MT, Schreiner C, Mauritz K-H. Gait symmetry and functional walking performance in hemiparetic patients prior to and after a 4-week rehabilitation programme. *Gait & Posture* 1993; 1: 166-171.
31. Plaja Masip J, Fernández T, Junyent,J. Estudio de la Marcha en el hemipléjico. *Rehabilitaci3n* 1981; 15:403.
32. Rellán Ramos E., Caro Puértolas B, Vela Braza M. Evaluaci3n de la marcha en el paciente hemipléjico. *Fisioterapia* 1998; 20(1):31-36.
33. Shaw JE, Van Schie CH, Carrington AL, Abbot CA, Boulton AI. An analysis of dynamic forces transmitted through the foot in diabetic neuropathy. *Diabetes Care* 1.998;21(11): 1955-1959.
34. Tucker Carole A, Ramírez J, Krebs DE, Riley PO. Center of gravity dynamic stability in normal and vestibulopathic gait. *Gait and Posture* 1998; 8:117-123.
35. González Viejo MA, Domínguez Blasco M, Rocha Casas E, Pascual Soria T. Influencia del terreno en la marcha de los amputados de la extremidad inferior. *Rehabilitaci3n* 1991;25(3):148-153.

36. Arya AP, Lees A, Nirula HC, Klenerman LA. Biomechanical comparison of the SACH, Seattle and Jaipur foot using ground reaction forces. *Prosthetics and Orthotics International* 1995;19:37-45.
37. Ramiro J. Guía de recomendaciones para el diseño, selección y uso de calzado para personas mayores. (IBV). Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales;1998.
38. Lafuente R, Doñate JJ, Poveda R, García A, Soler C, Belda J, et al. Valoración evolutiva de fracturas de calcáneo mediante el análisis biomecánico de la marcha: puesta a punto de métodos y resultados preliminares. *MAPFRE Medicina* 1999;10(4): 237-252.
39. Verduras Ruiz C. Repercusión de las grandes marchas sobre el aparato locomotor. Estudio clínico y termográfico de la sobresolicitación del pie. *Actualidades en Medicina Física y de Rehabilitación. Congreso Europeo de Madrid*. Madrid: Sepresa; 1991. p.55,56.
40. Madras DE, Cornwall MW, Coast J.R. Energy cost, perceived exertion and postural adjustments when treadmill walking with two types of backpack. *Journal of Human Movement Studies* 1998; 35:233-249.
41. Duch Campodarbe FR, Ruiz de Porras Rosselló L, Gimeno Ruiz de Porras D. Recursos psicométricos utilizables en atención primaria. Novartis Farmacéutica; 1999.
42. Ramiro J. Guía de recomendaciones para el diseño de calzado. Valencia: Instituto de Biomecánica de Valencia; 1995.
43. Ramiro J. Adaptación del calzado a la biomecánica del pie. *Jano* 1995; XLIX(1129):1231-6.
44. Viladot Perice R, Álvarez Goenaga F. Patología del pie calzado. *Jano* 1995; XLIX(1129):98-102.
45. Greene DR The effects of aging on the component movement of human gait. Ph. D. Dissertation University of Wisconsin, 1959 Op. cit. San Gil Sorbet, M^a Amaya. Análisis dinámico de la marcha. estudio de los centros de presión sobre la huella plantar. influencia de los distintos calzados. [Tesis Doctoral]. Alcalá de Henares: Facultad de Medicina de la Universidad de Alcalá de Henares;1.991
46. Payne A.H. The use of a force platform on the study of athletic activities. A preliminary investigation. *Ergonomic* 1968; II: 123-143.
47. Cavanagh PR, Lafortune MA. Ground reaction force in distance running. *Journal of Biomechanics* 1980; 13: 397-406.
48. Segesser A, Neukonn PA, Nigg BM, Ruegg P, Troxler G. Force Measuring system for the take off in ski jumping Opus cit. Morecki A, Fidelius K, Kedzior K, Wit A. *Biomechanics* 1981; VII-B: 478-482.

49. Scranton P E, Mc Master JH. Momentary distribution of forces under the foot. Biomechanics 1976; 9: 45-48.
50. Roy. Temporal and dynamic factors of long distance running Opus cit. Morecki A, Fidelius K, Kedzior K, Wit A. Biomechanics 1981; VII-B:219-225.
51. Joch W, Fritsche P, Krause I. Biomechanical analyses of punching in boxing. Opus cit. . Morecki A, Fidelius K, Kedzior K, Wit A. Biomechanics 1981; VII-B:219-225.
52. Soames RW, Stott JR, Goodbody A, Blake CD, Brewrton DA. Measurement of presure under the foot during function. Med. Biol. Eng. Comput. 1982, 20: 489-495.
53. Lywood D W, Adams D J, Van Eyken J H, Mc Person. Small triaxial force plate. Med. And Biol. Eng. And Comput.1987; 25:298-701.
54. Van Eycken S, Perlin S, Lywood DW, McPherson M. Robotic force platform for study of posture and stance in the quadruped. Med. Biol. Eng. 1987;68: 693-697.