

HALLUX LIMITUS FUNCIONAL Y ASOCIACIONES CLÍNICAS

Verónica Padilla Urrea¹, Ángel M. Orejana García³, María Mendez Montaña², Ana Martínez Santos¹, Francisco José Moreno Martín¹, Sergio Sardón Melo¹, María Carmen Tornero Caballero¹.

1. Podólogo Interno Residente de la CUP de la UCM.
2. Podólogo de la CUP de la UCM.
3. Prof. Dpto Enfermería UCM. Jefe de servicio del Servicio de Patología y exploración de la Clínica Universitaria de Podología. UCM.

CORRESPONDENCIA

Verónica Padilla Urrea
veronicapadurr@gmail.com

RESUMEN

Objetivo: Valorar si existe relación entre el resultado del test de Hallux Limitus funcional y el resultado de diferentes pruebas clínicas que se realizan para evaluar el pie en los planos frontal y sagital. **Material y Métodos:** Estudio retrospectivo descriptivo donde se revisan 154 historias de pacientes que acudieron en el periodo comprendido entre octubre de 2009 y junio de 2010 al Servicio de Patología y Ortopedia de la Clínica Universitaria de Podología de la Universidad Complutense de Madrid. Se recogen un total de 307 pies, de pacientes de ambos sexos, que presentan mayoría de edad y que en la exploración clínica presentan un rango libre de movilidad en Flexión dorsal de la 1ª MTF superior a los 40°.

El análisis de los datos se realizó con el software SPSS 15.0 utilizando el test t de Student para las variables continuas y Chi cuadrado para las variables discretas, considerando un $p < 0,05$ como estadísticamente significativo. **Resultados:** Se incluyeron un total de 307 pies (154 pacientes) con una edad media de $49,09 \pm 15,68$ años. En los pacientes con test de Hallux Limitus Funcional (HLF) positivo la edad fue mayor ($52,53 \pm 16,05$ años) que en los pacientes con test HLF negativo ($40,79 \pm 10,72$ años) ($p < .001$). Por género, el 36,2% de la muestra fue masculino y el 63,8% femenino ($p < 0,001$). Tanto la presencia de un "Test Resistencia a la Supinación" (TRS) alto (muy costoso) como de una movilidad del primer radio en Flexión Dorsal elevada (flexión dorsal (FxD) > Flexión Plantar (FxD)) mostraron significación estadística con la presencia de un test de HLF positivo. Los pacientes con test de HLF positivo mostraron valores superiores en los test clínicos de "Navicular Drop", "Posición Relajada de Calcáneo" (PRCC) y "ángulo de pronación". No se encontraron diferencias significativas en las variables rango de FxD de tobillo y varo de pierna. **Conclusiones:** Los datos obtenidos muestran una asociación clínica entre la presencia de un test de HLF positivo y el resultado de determinados test clínicos (navicular drop, PRCA, TRS, movilidad del primer radio y ángulo de pronación). Esta asociación sugiere que la presencia de un test de HLF positivo podría estar relacionada con la presencia de un pie con mecánica pronadora.

PALABRAS CLAVE

Hallux Limitus funcional, test Hallux Limitus funcional, plano sagital, primer radio, pronación.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the correlation between the result of Hallux Limitus functional test and the result of different clinical trials performed to evaluate the foot in the frontal and sagittal planes. **Material and Methods:** Retrospective descriptive study which reviewed 154 charts of patients who came to the period between October 2009 and June 2010 the Service of Pathology and Orthopaedic University Clinic of Podiatry, Universidad Complutense de Madrid. Collect a total of 307 feet, patients of both sexes, showing that majority and clinical examination submit a free range of mobility in the 1st FXD MTF above 40°.

The data analysis was performed using SPSS 15.0 software using the Student t test for continuous variables and Chi square for discrete variables, considering $p < 0,05$ as statistically significant. **Results:** A total of 307 feet (154 patients) with a mean age of 49.09 ± 15.68 years. In patients with Hallux Limitus Functional Test (HLF) positive age was higher (52.53 ± 16.05 years) than patients with HLF test negative (40.79 ± 10.72 years) ($p < 0.001$). By gender, 36.2% of the sample was male and 63.8% female ($p < .001$). Both the presence of a supination resistance test high (very expensive) and first ray mobility in dorsiflexion high (FXD > FxP) showed statistical significance with the presence of a positive test HLF. Patients with positive test HLF showed higher values in clinical tests of Navicular Drop, Relaxed calcaneal position and angle of pronation. There were no significant differences in the variables range FXD varus ankle and leg. **Conclusions:** Our results show a clinical association between the presence of a positive test HLF and the results of certain clinical tests. (Navicular drop, PRCA, TRS, mobility of the first ray and angle of pronation) This association suggests that presence of a positive test HLF could be related to the presence of a mechanical foot pronator

KEY WORDS

Hallux Limitus funcional, test Limitus Hallux funcional, sagittal plane, first ray, pronation.

El término Hallux Limitus hace referencia a la presencia de una limitación en el rango de movilidad en flexión dorsal de la primera articulación metatarsofalángica (AMTF)^{1,2}. De forma genérica podemos dividirlo en dos categorías distintas: Hallux Limitus estructurado (HLE) y Hallux Limitus funcional (HLF).

HLE se caracteriza por la incapacidad que tiene la AMTF para realizar, tanto en carga como en descarga, un movimiento en flexión dorsal superior a los 40°. Esta limitación suele deberse a la presencia de cambios degenerativos en la articulación, especialmente a la presencia de osteofitosis en la región dorsal de la cabeza del primer metatarsiano y/o de la falange proximal del Hallux. Por su parte, el HLF se define por presentar en la primera articulación metatarsofalángica (AMTF) valores de normalidad a la flexión dorsal del Hallux en el examen clínico en descarga, y una disminución de la flexión dorsal en la fase de despegue digital en el ciclo de la marcha. No presenta cambios degenerativos en la articulación y entre los hallazgos clínicos que se han relacionado con su presencia se encuentra la presencia de hiperextensión en falange distal, pronación de la articulación subastragalina y Metatarsus Primus Elevatus. No ha sido reconocido como un problema importante porque es de naturaleza oculta. Estudios clínicos y experimentales han demostrado que variaciones en la posición del primer radio y alteraciones en su función provocan una disminución del rango de flexión dorsal de la primera AMTF¹. Sin embargo en la actualidad no existe un respaldo científico que demuestre la relación entre un componente pronador del retropié y el desarrollo de un HLF.

Unas de las primeras referencias que se recogen en la literatura sobre el Hallux Limitus funcional surgen con la publicación en 1986 del modelo biomecánico de facilitación del plano sagital descrito por Howard Dananberg^{3, 4, 5, 6, 7}. Este modelo pretende explicar el comportamiento mecánico del pie tomando como base la acción mecánica y dejando la acción muscular en un plano muy secundario. Así, el Dr. Dananberg señala que para una correcta función del pie es necesaria la existencia de unos mecanismos de autoaporte encargados de proporcionar estabilidad, especialmente en la región del mediopié, y de unos puntos de pivotaje que aseguren el correcto movimiento en el plano sagital. Como mecanismos de autoaporte describe el bloqueo calcáneo cuboideo durante fase de apoyo medio, el mecanismo de Windlass y el bloqueo intercuneano. Por su parte, como puntos de pivotaje establece la circunferencia plantar del talón durante la fase de apoyo de talón, el desplazamiento postero-anterior que realiza la tibia sobre el astrágalo durante la fase de apoyo medio y la flexión dorsal de la AMTF durante la fase propulsiva de la marcha. El desarrollo de patología en el pie vendría determinado por la existencia de un bloqueo de movimiento en alguno de estos tres puntos de pivotaje, el cual obligaría al desarrollo de compensaciones mecánicas que serían las responsables de generar los signos y síntomas clínicos que presentan los pacientes.

Los dos bloqueos más frecuentes se producen a nivel de tobillo y a nivel de la AMTF generando dos patologías que se describen como equino de tobillo y hallux limitus funcional. Cuando el bloqueo de movimiento en el plano sagital se produce en la AMTF se desencadenan una o varias de las siguientes compensaciones:

- Aumento del tiempo de apoyo del talón.
- La articulación subastragalina se mueve en pronación durante la fase de elevación de talón y la arti-

culación mediotarsiana (Chopart) se mueve en pronación siendo especialmente visible el movimiento en el plano sagital (flexión dorsal). Este hecho produciría un colapso del arco interno.

- Desplazamiento de la carga hacia la columna externa.
- Despegue digital en abducción.
- Flexión de las articulaciones de rodilla y de cadera durante el despegue de talón y la fase propulsiva del ciclo de la marcha que provocan una posición encorvada del tronco y favorecen el desarrollo de dolor lumbar y cervical.

En 1999 Fuller⁸ y posteriormente en 2002¹ Kirby aportan una visión diferente de la patomecánica del HLF. Para ellos esta patología se produce como consecuencia del aumento en la magnitud de las fuerzas tensiles que soporta la fascia plantar durante el ciclo de la marcha. Con el fin de apreciar las fuerzas de carga a la tracción que se desarrollan dentro de la fascia plantar, es importante comprender la posición del centro de masas (CM) respecto al eje de la articulación del tobillo, así como las fuerzas de reacción del suelo (FRS) durante los diferentes fases del ciclo de la marcha.

Durante la fase de apoyo completo del ciclo de la marcha, nos encontramos que el CM se encuentra anteriorizado en relación al eje de rotación de la articulación del tobillo. Esta posición del CM condiciona a que la musculatura posterior de la pierna genere una contracción excéntrica que garantice una situación de equilibrio y evite un desplazamiento brusco hacia adelante del cuerpo. Más concretamente la contracción excéntrica se genera sobre todo a costa del musculo sóleo que es el encargado de controlar la velocidad del desplazamiento postero-anterior que realiza la tibia sobre el astrágalo en la fase de apoyo completo de la marcha. Esta contracción excéntrica de la musculatura posterior genera un momento de fuerza plantarflexor a nivel del retropié. Además, la magnitud del momento de fuerza plantarflexora que se ejerce sobre el retropié en esta fase del ciclo de la marcha se ve aumentada por el efecto de las FRS que se generan a nivel plantar del calcáneo. Estas FRS se generan posteriores al eje de rotación de la articulación del tobillo, por lo que el momento de fuerza que generan sobre la articulación del tobillo será plantarflexor. Para evitar que el retropié se posicione en flexión dorsal fruto del efecto de los momentos de fuerza plantarflexores que se generan, es necesario que las estructuras plantares que se insertan en el calcáneo generen momentos de fuerza dorsiflexores tanto de forma pasiva (fascia plantar y complejo ligamentoso calcáneo-cuboideo y de spring) como de forma activa (contracción de la musculatura intrínseca del pie). De todas estas estructuras, la fascia plantar es la que contribuye de forma más importante al ser la que presenta una inserción calcánea más distal al eje de rotación de la articulación del tobillo. A nivel del antepié durante esta fase del ciclo de la marcha, también se generan FRS, aunque de menor magnitud que a nivel del calcáneo. Estas se localizan en la región plantar de las cabezas metatarsales y anteriores al eje de rotación de las articulaciones del tobillo, mediotarsiana y del primer radio. En consecuencia, las FRS a nivel del antepié generarán un momento de fuerza dorsiflexor sobre estas articulaciones que obligan a las estructuras plantares que se insertan en las articulaciones metatarsofalángicas a generar momentos de fuerza plantarflexores. De nuevo, la fascia plantar es la estructura que más contribuye a la génesis de estos momentos de fuerza. Existen factores morfológicos (como la presencia de un arco interno aplanado) del pie que contribuyen a aumentar más la magnitud de las fuerzas tensiles que soporta la fascia plantar.

El aumento de tensión de la fascia plantar genera sobre la AMTF un momento de fuerza plantarflexor y un aumento de las fuerzas compresivas. Esta fuerza compresiva se transmite retrogradamente hacia las articulaciones más proximales (primer metatarsiano (M1)- primera cuña (C1); C1-escafoides; astragalo-escafoidea). En respuesta a esta fuerza, por la tercera ley de Newton, se genera una fuerza de reacción que se transmite anterogradamente, así, a nivel del primer metatarsiano ambas fuerzas generan un par de fuerzas plantarflexoras que facilita el movimiento de flexión dorsal de la AMTF. Ahora bien, para que este par de fuerzas sea efectivo es preciso que el primer metatarsiano se encuentre con un inclinación determinada (en torno a los 20° que son de normalidad para la inclinación del primer metatarsiano). Todas aquellas situaciones mecánicas que tiendan a generar una posición de flexión dorsal del primer metatarsiano dificultan la efectividad del par de fuerzas plantarflexor y en consecuencia a limitar el movimiento de flexión dorsal de la AMTF o dicho en otras palabras, a desarrollar un HLF.

Dese un punto de vista clínico, la presencia de un HLF se evalúa a través del test clínico de HLF, descrito por H. Dananberg⁹. Con el paciente de cubito supino o en sedestación, rodilla extendida y tobillo en posición neutra, el examinador ejerce presión manual directamente en la región plantar de la cabeza del primer metatarsiano de suficiente magnitud como para generar momentos dorsiflexores en la columna interna, simulando lo que debería ocurrir durante la carga del pie en fase de apoyo medio. Con la otra mano el explorador genera una fuerza sobre la superficie plantar del hallux intentando realizar un movimiento de flexión dorsal de la AMTF. Se considera el test negativo cuando el examinador consigue realizar un movimiento de flexión dorsal y positivo cuando no se consigue realizar este movimiento. Como limitaciones de la prueba se pueden citar que no se analiza en dinámica y que la fuerza dorsiflexora de la columna interna que realiza el examinador puede no representar exactamente la que soporta el paciente en dinámica.

Payne¹⁰ ha revisado esta prueba y ha encontrado una sensibilidad del 72% y una especificidad del 66%. Ha relacionado también los resultados de este test con los encontrados al realizar la prueba del navicular drop (caída del escafoides). Encontró que los pacientes con test de HL positivo presentaban un navicular drop patológico en un porcentaje elevado.

El objetivo del estudio es determinar si existe relación entre la presencia de un test HLF positivo y la presencia de valores patológicos en los test clínicos que evalúan la mecánica del pie en los planos frontal y sagital.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realiza un estudio retrospectivo descriptivo donde se revisan las historias de los pacientes mayores de edad que acudieron a consulta del Servicio de Patología y Exploración de la Clínica Universitaria de Podología de la Universidad Complutense de Madrid en el periodo comprendido entre octubre de 2009 y junio de 2010.

Se tomó como criterio de inclusión que en la exploración clínica presenten un rango libre de movilidad en FxD de la 1ª MTF superior a los 40°. Todos los pacientes seleccionados fueron valorados por el autor con mayor experiencia clínica en el campo de la ortopedia (A.M.O.).

Se excluyen a todos los pacientes que presentaban diagnóstico médico de enfermedades neurológicas, enfermedades reumáticas, diabetes mellitus. Los que presentaban pruebas de hiperlaxitud positivas, historia de antecedentes quirúrgicos del pie, antecedentes de fracturas óseas en el pie e historia de osteomielitis también fueron descartados. Finalmente se incluyeron en el estudio un total de 154 pacientes de ambos sexos (307 pies).

En los métodos estadísticos utilizados, las variables cualitativas se describirán mediante distribución de las frecuencias de las distintas categorías. En las variables cuantitativas se estudiará el ajuste a la normal de la distribución mediante el método de Kolmogorov-Smirnov. Las variables que se ajusten a la normal se describirán mediante la media, la desviación típica y el tamaño muestral. Las variables que no se ajusten a la normal se describirán mediante la mediana, el rango intercuartílico y el tamaño muestral.

La comparación de proporciones y el estudio de la asociación de variables cualitativas se harán mediante el método de la Chi cuadrado. La comparación de las muestras cuantitativas se realizará mediante la t de Student para muestras independientes en aquellas muestras que se ajusten a la normal. Se ha considerado una significancia estadística cuando $p < 0,05$.

El análisis de los datos se ha realizado con el paquete informático SPSS para Windows versión 15.0.

RESULTADOS

Se incluyeron en el presente estudio un total de 307 pies (154 pacientes) con una edad media de $49,09 \pm 15,68$ años. En los pacientes con test de HLF positivo la edad fue mayor ($52,53 \pm 16,05$ años) que en los pacientes con test HLF negativo ($40,79 \pm 10,72$ años) ($p < .001$). Por género, el 36,2% de la muestra fueron hombres y el 63,8% mujeres ($p < .001$). Los datos descriptivos de las variables analizadas se recogen en la tabla 1.

	THL	N	Media	Desviación Std.	Std. Error Mean	
Navicular Drop	Negativo	44	3,91	2,760	,416	N=176
	Positivo	132	6,75	3,355	,292	
FD Tobillo EXTENSIÓN	Negativo	55	88,31	5,322	,718	N= 237
	Positivo	182	88,03	5,403	,400	
PRCA	Negativo	62	1,50	4,092	,520	N=261
	Positivo	199	4,72	4,866	,345	
Tibia Vara	Negativo	62	5,16	2,830	,359	N=259
	Positivo	197	4,83	2,460	,175	
Ángulo de Pronación	Negativo	62	8,23	4,158	,528	N=259
	Positivo	197	10,18	4,918	,350	
Peso (Kg.)	Negativo	36	77,2222	12,82656	2,13776	N=148
	Positivo	112	68,2201	14,26389	1,34781	
Altura (cm.)	Negativo	34	1,6715	,07258	,01245	N=129
	Positivo	95	1,6632	,09726	,00998	

Tabla 1.

	TRS			Total	P-valor
	Muy Resistente	Resistente	Baja Resistencia		
THL Negativo	7	31	25	62	
THL Positivo	102	85	15	202	,000
	Elevación del primer metatarsiano				
	Fd > Fp	Fd = Fp	Fp > Fd		
THL Negativo	7	22	34	63	
THL Positivo	153	26	25	204	,000

Tabla 2.

	Prueba T para igualdad de medidas						95% Intervalo de confianza para la diferencia	
	t	df	P-valor	Diferencia de medidas	Error típ. de la diferencia	Inferior	Superior	
N. DROP	-5,071	174	,000	-2,841	,560	-3,947	-1,735	
FD. Tobillo EXTENSION	,340	235	,734	,282	,828	-1,351	1,914	
PRCA	-4,713	259	,000	-3,219	,683	-4,563	-1,874	
T. Vara	,898	257	,370	,334	,372	-,398	1,066	
A. Pronación	-2,830	257	,005	-1,957	,692	-3,319	-,595	
Peso	3,372	146	,001	9,00213	2,66938	3,72652	14,27775	
Altura	,455	127	,650	,00831	,01828	-,02787	,04449	
IMC	3,129	115	,002	7,69655	2,45986	2,82405	12,56905	

Tabla 3.

Tanto la presencia de un TRS alto (muy costoso) como de una movilidad del primer radio en FxD elevada (FxD > FxP) mostraron significación estadística con la presencia de un test de HLF positivo (Tabla 2).

Por otra parte, los pacientes con test de HLF positivo mostraron valores superiores en los test clínicos de Navicular Drop, PRCC y ángulo de pronación. No se encontraron diferencias significativas en las variables rango de FxD de tobillo y varo de pierna (tabla 3).

DISCUSIÓN

La presencia del Test HLF positivo se asocia a la presencia de datos clínicos que sugiere un pie con pronación.

El movimiento en el plano sagital de la primera articulación metatarsofalángica es un componente importante de la funcionalidad del humano durante la marcha. Roukis et al.¹¹ encontraron una disminución cuantitativa y proporcional en el movimiento del plano sagital de la primera articulación metatarsofalángica conforme el primer radio se dorsiflexionaba entre 4 y 8 milímetros en bipedestación, apoyando la teoría que el movimiento de la primera metatarsofalángica está influenciado en la posición del primer radio. Los resultados que hemos obtenido en nuestro trabajo están en la misma línea. Los pacientes con el Test HLF positivo mostraron un predominio de la movilidad en FxD del primer radio en relación al rango de movilidad en FxP que presentaban. Esta situación sugiere que durante las marcha el primer radio de estos pacientes está sometido a un exceso de momentos de fuerza en FxD alrededor del eje de rotación del primer radio que, mantenido en el tiempo, disminuyen la resistencia de esta estructura a desplazarse en FxD ante la acción de una fuerza (FRS). Cuando esta situación se produce, el ángulo de inclinación de M1 tiende a disminuir, lo cual Fuller¹² ha relacionado con una dificultad para realizar una correcta FxD de la 1ª MTF.

El test de descenso del escafoides (Navicular Drop) es otra de las pruebas clínicas que evalúan la mecánica del pie en el plano sagital. Más específicamente a través de la articulación de Chopart. McPoil y Cornwall¹³ encontraron relación entre la altura del Navicular Drop y una pronación excesiva de retropié. Así mismo, los trabajos de Payne⁴ han relacionado valores elevados de Navicular Drop con la presencia de un HLF. Nuestros resultados también muestran una asociación clínica entre el test de caída del escafoides y la presencia de un Test HLF positivo. Estos datos, junto con la relación encontrada entre los valores de PRCA elevados y la presencia de un HLF positivo, o la presencia de un TRS muy costoso y un Test

HLF positivo ponen de manifiesto la relación que existe entre la presencia de limitación del rango de flexión dorsal de la AMTF con una mecánica pronadora del pie. La posición relajada de calcáneo y el ángulo de pronación son otros test clínicos en los que también encontramos relacionados con la presencia de un Test HLF positivo y que también vienen a sugerir la fuerte relación que parece existir entre la presencia de una limitación en el rango de movilidad de la AMTF y la presencia de pronación de retro y mediopié. Esta relación ya ha sido sugerida por Kirby y Fuller⁸ a través de sus modelos biomecánicos sugiriendo que la fascia plantar y el mecanismo de Windlass pueden constituir el nexo de unión entre la presencia de un momento de fuerza pronador elevado alrededor del eje de rotación de la articulación subtalar y la presencia de una limitación del rango de movilidad en FxD de la AMTF. De todas formas, sería necesario realizar más estudios que demuestren y consoliden ésta relación. Si esto se confirmara, quizá la presencia de un Test HLF positivo deba considerarse como un signo clínico compatible con pronación del pie más que como una entidad patológica.

No se han encontrado en la literatura artículos que hablen directamente de test HLF positivo relacionado con la pronación en subastragalina o mediotarsiana, pero si Kappel-Bargas¹⁴ et al encontraron asociación entre un mecanismo de Windlass defectuoso y un pie que demuestra un excesivo momento de pronación. Kirby y otros autores han señalado que una posición medializada del eje de la articulación subtalar aumenta la magnitud de los momentos pronadores sobre la articulación subtalar. Anna y Payne¹⁵ valoran si existe relación entre el mecanismos de Windlass y pies excesivamente pronados, encontrando que los pies con eje de rotación de la articulación subtalar medializado presentan un mecanismo de Windlass ineficaz. Alexandria, Richard y Mark¹⁴ investigaron la función dinámica del mecanismo de Windlass, encontrando una relación entre un mecanismo de Windlass defectuoso y una cantidad o duración excesiva de pronación.

Jill et al¹⁶ en un estudio de 2005 determinó la relación entre la función de la primera articulación metatarsofalángica y la articulación de tobillo durante la marcha, no obteniendo apoyo a la suposición de que la articulación de tobillo influye en el movimiento substancial de la primera metatarsofalángica. Nuestro estudio tampoco respalda una asociación clínica entre un test de HLF positivo y la limitación en la flexión dorsal de tobillo. Estos datos sugieren que podría existir poca relación entre la limitación del rango de FxD de la AMTF y el aumento de fuerzas tensiles en la fascia plantar a consecuencia de los momentos plantarflexores que generan sobre el retropié el CM y las FRS sobre el calcáneo.

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Los datos no son extrapolables a la población general por el diseño del estudio. Hacen referencia sólo a nuestra muestra, la cual se compone de personas que acuden a un centro podológico para su evaluación clínica por presentar dolor. Habría que ver si son iguales en una población sintomática.

El diseño del estudio no permite extraer conclusiones de causalidad entre los test clínicos de pronación y la presencia de Hallux Limitus funcional.

CONCLUSIONES

Los datos obtenidos muestran una asociación clínica entre la presencia de un test de HLF positivo y el resultado de determinados test clínicos (navicular drop, PRCA, TRS, movilidad del primer radio y ángulo de pronación). Esta asociación sugiere que la presencia de un test de HLF positivo podría estar relacionada con la presencia de un pie con mecánica pronadora.

BIBLIOGRAFÍA

1. Kirby KA. Foot and lower extremity biomechanics II: Precision Intracast Newsletters, 1997-2002. Precision Intracast, inc., Payson. AZ. 2002
2. Hicks, J.H. The mechanics of the foot. II. The plantar aponeurosis and the arch. *Journal of Anatomy* 1954; 88:24-31
3. Dananberg HJ: Functional Hallux Limitus and its relationship to gait efficiency. *JAPMA* 1986; 76:648-652
4. Dananberg HJ: Gait style as an etiology to chronic postural pain: Part I. Functional Hallux Limitus. *JAPMA* 1993; 83: 433-441
5. Dananberg HJ: Gait style as an etiology to chronic postural pain: Part II. Postural Compensatory Process. *JAPMA* 1993; 83: 615-24
6. Dananberg HJ: Lower extremity mechanics and their effect on lumbosacral function. *Spine: state of the Art review* 1995;9:389
7. Dananberg HJ: Sagittal plane biomechanics. *JAPMA* 2000;90: 47-50
8. Fuller EA. Centre of pressure and its theoretical relationship to foot pathology. *JAPMA* 1999; 89 (6): 278-291
9. Dananberg HJ: "Sagittal Plane Biomechanics" in *sports Medicine and the lower Extremity*, SI Subotnick. New York: Churchill Livingstone, 1999; p 137
10. Payne C, Chuter V, Miller K. Sensitivity and specificity of the functional hallux limitus test to predict foot function. *JAPMA*,2002;92(5):269-271.
11. TS Roukis, PR Scherer and CF Anderson; Position of the first ray and motion of the first metatarsophalangeal joint. *JAPMA*, Vol 86, Issue 11 538-546.
12. Fuller EA. Centre of pressure and its theoretical relationship to foot pathology. *JAPMA*. 1999;89 (6): 278-291
13. Thomas G. McPail, Mark W. Cornwall. Relationship Between Three Static Angles of the Rearfoot and the Pattern of Rearfoot Motion During Walking. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1996; 23(6):370-375
14. Woolf RD, Cornwall MW, McPail TG. The windlass mechanism during normal walking and passive first metatarsophalangeal joint extension. *Clinical Biomechanics*, 13, 3, 1998; 190-194.
15. Aquino A., Payne C. Function of the Windlass Mechanism in Excessively Pronated Feet. *JAPMA* 1991; 91 (5): 245-250
16. Halstead J, Turner DE, Redmond AC. The relationship between hallux dorsiflexion and ankle joint complex frontal plane kinematics: A preliminary study. *Clinical biomechanics.* 20, 5, 526-531 (June 2005).