

## Efectos del tratamiento estructural del pie con afectaciones sensitivas provocadas por daño neurológico sobre el equilibrio. Estudio de casos

### *Effects of structural work of the foot with altered sensation on balance due to neurological damage. A cases study*

**M.I. García Bernal.** Fisioterapeuta. Profesora Asociada. Departamento de Fisioterapia. Universidad de Sevilla. Sevilla. España

**P. González García.** Fisioterapeuta. Profesora Asociada. Departamento de Fisioterapia. Universidad de Sevilla. Sevilla. España

**M.D. Cortés Vega.** Fisioterapeuta. Profesora Colaboradora. Departamento de Fisioterapia. Universidad de Sevilla. Sevilla. España

**E. Rodríguez Carrascosa.** Fisioterapeuta. Consulta SANAS. Sevilla. España

#### Correspondencia:

M<sup>a</sup> Isabel García Bernal

[lbernal@us.es](mailto:lbernal@us.es)

Recibido: 8 octubre 2008

Aceptado: 18 noviembre 2008

#### RESUMEN

*Introducción:* las alteraciones propioceptivas y de la planta del pie repercuten negativamente en las reacciones de equilibrio. Estas dos características se aprecian en un elevado número de pacientes neurológicos. *Objetivo:* comprobar los efectos sobre el equilibrio de un protocolo de tratamiento estructural del pie en pacientes con ictus y alteraciones sensitivas. *Intervención:* estudio experimental longitudinal y cuantitativo, en el que se incluyen tres pacientes con hemiparesia. Se realiza un protocolo en el tobillo/pie con mayor afectación sensitiva, comprobándose inmediatamente después el cambio sobre el equilibrio en bipedestación a través de la plataforma de estabilometría Biodex. *Resultados:* se registran mejores índices de estabilidad preprotocolo, en el sujeto con mayor tiempo de evolución, y en los IEAP en todos los sujetos. Mejoría en todos los índices de equilibrio, tras la aplicación del protocolo. Mayor efecto de mejora (4,86 - 4,36) en el paciente con peores datos iniciales que en el resto. Mayores repercusiones sobre la desviación estándar que sobre la media de los índices posprotocolo en el sujeto de mayor tiempo de evolución. *Discusión/conclusión:* el protocolo de tratamiento estructural del pie ha resultado ser eficaz para la mejora del equilibrio en nuestros sujetos de estudio. En pacientes agudos tiene un mayor efecto sobre la distribución del centro de gravedad, mientras que en el crónico, sobre las oscilaciones de éste.

**Palabras clave:** alteraciones somatosensoriales pie, equilibrio, tejidos blandos, hemiparesia.

#### ABSTRACT

*Introduction:* proprioceptive and sole of the foot alterations have a negative effect in balance reactions. These two characteristics are found in a high number of neurological patients. *Objective:* to verify the effects on balance of a protocol of structural treatment of the foot in patients with ictus. *Intervention:* longitudinal and quantitative experimental study, with three patients with stroke. The protocol is performed in the ankle/foot with greater sensitive affection, verifying immediately after, the change on standing balance using the dynamic balance platform Biodex. *Results:* better preprotocols indexes registered in the most chronic patient and also AP stability index in all patients.

*tol. Greater improvement in the patient with worse initial score than in the rest ( $4.86 \pm 4.36$ ). Greater repercussions over standard deviation than mean stability index in the most chronic patient. Discussion/conclusion: the structural work of the foot has proved to be effective to improve the balance of the sample of this study. In acute patients, it has a greater effect on the distribution of the center of gravity, whereas in the chronic one on the oscillations of this one.*

**Key words:** somatosensory foot disorders, balance, soft tissues, stroke.

## INTRODUCCIÓN

Numerosas patologías neurológicas, tanto de origen central como periférico, cursan con afectación sensitiva de diversa índole. Existen además, otro tipo de situaciones clínicas que ocasionan directa o indirectamente alteraciones sensitivas, como la diabetes mellitus o los estados de encamamiento prolongados. Estas alteraciones suelen afectar tanto a modalidades de sensibilidad profunda como superficial y mixta.

Numerosos estudios<sup>(1)</sup> tratan sobre la presencia de trastornos del equilibrio en casos de lesiones neurológicas centrales, provocados por afectación de alguno de los centros/vías reguladores del equilibrio, como el espino-cerebelo y vestibulocerebelo, ganglios basales, órgano vestibular, formación reticular, núcleo rojo, córtex, etc. Pero cada vez aparecen más estudios que correlacionan la existencia de una reducción del equilibrio en bipedestación y durante la marcha con la presencia de déficit sensitivos en el MI, y más concretamente en el tobillo y el pie, probablemente debido a la reducción y/o alteración de las aferencias que llegan a estos sistemas reguladores.

Así, por ejemplo, existen evidencias científicas de que pacientes con neuropatía periférica muestran menor estabilidad en bipedestación<sup>(2-4)</sup>, y evidencias epidemiológicas que relacionan las neuropatías periféricas con un mayor riesgo de caída. Sin embargo, los déficit de equilibrio asociados con la neuropatía periférica pueden estar más relacionados con la reducción de la propiocepción observada en estos pacientes, que con la de la sensibilidad plantar<sup>(5, 6)</sup>. La sensación de presión plantar alterada podría contribuir a los déficit de equilibrio observados en otros casos, como el de astronautas que retornan de exposiciones prolongadas a microgravedad, con hipersensibilidad reactiva cutánea de la planta del pie, que presentan incrementos en la frecuencia de os-

cilaciones posturales; o la observación de que la aplicación periódica de presiones en las plantas de los pies a personas con encamamiento prolongado, mejora algunos déficit de equilibrio<sup>(6)</sup>. Esta idea la corroboran además varios estudios, como el de Meyer y cols. en 2004<sup>(7)</sup>, que comprueba cómo el efecto de la anestesia sobre los mecanorreceptores de la planta del pie modifica la respuesta postural normal, y que estos efectos son más evidentes en condiciones en las que mantener el equilibrio ya es más dificultoso, como en casos de conflictos visuales y vestibulares, y/o en situaciones dinámicas de nuestra vida diaria. En concreto, estos autores advirtieron que las aferencias cutáneas plantares pueden proporcionar *feedback* suficiente como para informar a los centros reguladores del equilibrio acerca de la movilidad del tobillo, la transferencia de peso entre los MMII, la naturaleza de la superficie de soporte y la percepción de fuerzas tangenciales y perpendiculares sobre el pie, que contribuyen a la percepción interna del centro de masa corporal.

Éste es pues el estado actual del problema; se conoce que la afectación de distintas modalidades sensitivas en el MI, y más concretamente en el pie, tiene efectos negativos sobre el control postural. Por tanto, es razonable la hipótesis de que si encontráramos un protocolo de tratamiento en el que se mejoraran las aferencias propioceptivas del tobillo y pie, y las aferencias cutáneas plantares a la presión, se contribuiría de forma importante a la mejora del equilibrio; Este es pues, el objetivo del presente estudio. Esta idea ya fue apuntada por Mario Ka y Yagi en 2003<sup>(8)</sup>, y por Lynch y cols. en 2007<sup>(9)</sup>, hablando no sólo de la gran importancia de la sensibilidad a la presión de la planta del pie sobre el control postural, sino que además, observan que con el entrenamiento de esta presión, se produce una disminución de las oscilaciones posturales. Además, un estudio del equilibrio dinámico tras reducción de la sensibilidad plantar<sup>(10)</sup> afirma que la información de los receptores de presión

del talón es particularmente importante para la generación exitosa del paso, mientras que la de los receptores del antepié se suplementa con información propioceptiva de los dedos y la musculatura intrínseca del pie. Parece, por tanto, necesario que nuestro protocolo incluya el trabajo de todas estas estructuras.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Diseño del estudio

El presente estudio es observacional, de corte cuantitativo y longitudinal y se ha llevado a cabo en la Escuela de Fisioterapia de la Universidad de Sevilla.

### Muestra

La muestra se compone de tres adultos con hemiparesia y las características de cada uno de ellos se muestran en la tabla 1. Todos presentaban alteraciones sensitivas en el hemicuerpo afectado y, concretamente, en el pie. Para confirmar la existencia de una alteración sensitiva se realizó a cada paciente el test de posición del tobillo (para la sensibilidad profunda) y un test de barestesia en distintos puntos de la planta del pie. A todos los sujetos de la muestra se les pasó una hoja de consentimiento informado.

### Recogida de datos

Para valorar el equilibrio se utilizó la plataforma de

estabilometría validada Biodex (Inc., Shirley, NY, USA), que consiste en una plataforma inestable que se inclina un máximo de 20° en cualquier dirección. Esta plataforma lleva un *software* (Biodex, Version 3.1, Biodex, Inc.) que permite establecer una valoración objetiva del equilibrio. La medición del equilibrio incluye un índice general (IEG), uno anteroposterior (IEAP) y otro lateral (IEL). Una puntuación alta en cualquiera de estos índices indica un estado deficiente de equilibrio. El índice general es el mejor indicador de la habilidad del paciente para mantener la plataforma equilibrada.

La valoración se realizó en bipedestación, con nivel 8 de estabilidad (siendo 8 el más estable y 1 el más inestable) durante 20 segundos. Se pidió a los sujetos que se colocaran en la plataforma descalzos, adoptaran una posición cómoda con una ligera flexión de rodilla, los brazos cruzados sobre el pecho, la mirada al frente y los ojos abiertos. Las coordenadas de la posición de los pies se registraron al principio y fueron constantes durante los tests. Al inicio, se les permitió un minuto de práctica con la plataforma, seguido de tres intentos de prueba, para reducir el aprendizaje y tres tests de evaluación. Entre los tests, los sujetos descansaban 1 minuto sin bajarse de la plataforma. Este es el protocolo recomendado por diversos estudios para la evaluación del equilibrio con esta plataforma<sup>(11-13)</sup>.

Tras la realización del tratamiento estructural del pie, los sujetos volvían a adoptar la posición de evaluación sobre la plataforma y se llevaron a cabo otros tres tests de evaluación, con un minuto de descanso entre cada uno.

Las variables utilizadas para el presente estudio fueron:

**TABLA 1. Características y valores iniciales de los pacientes**

	Sexo		Edad	Naturaleza de la lesión	Fecha de la lesión	Índice Estabilidad Global (*)
	V	M				
<b>Caso 1</b>	1		35	AVC hemorrágico. Ganglios basales	Junio 2004	6,30 ±1,23
<b>Caso 2</b>	1		64	AVC isquémico. Laterobulbar posterior izquierdo	Octubre 2007	13,83 ±7,23
<b>Caso 3</b>	1		81	AVC isquémico. Territorio carótida interna derecha	Octubre 2007	8,20 ±2,07

\* Valores de la media y desviación estándar.

- Índice general y su desviación estándar.
- Índice anteroposterior y su desviación estándar.
- Índice lateral y su desviación estándar.

Se hizo una media de los tres tests preprotocolo y los tres posprotocolo.

### Protocolo de tratamiento estructural del pie

Se realizó sobre el pie más afectado por las alteraciones sensitivas, independientemente de que fuera hiper- o hiposensibilidad. Dicho protocolo consistía en el tratamiento tanto articular como de tejidos blandos en el siguiente orden:

- Movilizaciones de la articulación del tobillo en todos los planos de movimiento con estiramiento y manipulación de tejidos blandos: tríceps sural, tibiales, peroneos, etc.
- Movilizaciones de la articulación subastragalina en varo y valgo.
- Movilizaciones en 8 de las articulaciones del mediopié.
- Movilización de los metatarsianos y amasamiento de la musculatura interósea.
- Estiramiento de la fascia plantar.
- Golpeteo en el suelo con el talón.
- Impresión de sensación de carga sobre el talón desde la rodilla.

La realización del protocolo conllevaba un tiempo aproximado de 20 minutos.

### RESULTADOS

Previo inicio al protocolo de tratamiento, el IEG es mejor en la paciente más joven y con mayor antigüedad de lesión ( $6,3 \pm 1,23$ ), siendo la peor cifra ( $13,83 \pm 7,23$ ) para el paciente de edad intermedia con afectación bulbar. La segunda peor cifra ( $8,2 \pm 2,07$ ) corresponde al sujeto de mayor edad, siendo la antigüedad de la lesión la misma en estos dos últimos casos (tabla 1).

Previo inicio del protocolo, se aprecian también peores cifras en los IEAP que en los IEL en todos los suje-

tos (tabla 2).

En todos los casos se produjo una mejora del equilibrio, reflejado como una disminución de todos los índices de estabilidad (tanto en valores de la media como en la desviación estándar) tras la aplicación del protocolo de tratamiento estructural del pie (tabla 2).

En los casos 2 y 3 se produce una amplitud mayor de mejora en el IEAP que en el caso 1, mientras que en este último la mejora en el IEL es más evidente que en los otros dos.

En cuanto al IEG, el efecto de la mejora ( $4,86 \pm 4,36$ ) ha sido mayor en el paciente con peores datos iniciales que en el resto, habiendo sido menor el efecto en el caso con mejores índices iniciales ( $0,6 \pm 0,86$ ) (tabla 2).

En el caso 1, la mejora ha sido de mayor amplitud en la desviación estándar que en la media de todos los índices.

### DISCUSIÓN

En nuestros tres sujetos de estudio se refleja una clara mejoría de los índices de equilibrio tras la aplicación del tratamiento estructural del pie, lo que en principio se podría explicar por una adecuación de las aferencias propioceptivas del tobillo y las articulaciones intrínsecas del pie, además de una mejoría de la sensibilidad a la presión de la planta. Esta idea ya se apunta en estudios como los de Richerson y cols. en 2007<sup>(14)</sup> o Tsang y cols. en 2008<sup>(15)</sup>.

Los valores de los IEG, IEAP y IEL son mejores en el sujeto 1 que en los otros dos sujetos de la muestra. Esto puede deberse a que el sujeto 1 tiene un mayor tiempo de evolución desde la lesión neurológica. Adomatis Vearrrier y cols., en 2005<sup>(16)</sup>, también hallaron que pacientes con ictus en estado crónico partían de valores de equilibrio mejores que pacientes con ictus en estado agudo. Sin embargo, en estos últimos la mejoría experimentada en el equilibrio tras la aplicación del tratamiento fue mayor que en pacientes crónicos. Asimismo, esto es lo que encontramos en nuestro estudio, produciéndose, por ejemplo, una mejora de 0,6 puntos en el IEG en el sujeto 1 y de 4,86 y 2,97 en los sujetos 2 y 3, respectivamente. Esto podría ocurrir sencillamente porque en los pacientes más agudos las cifras iniciales son peores y, por tanto, tienen más margen de mejora, y/o bien porque en

TABLA 2. Valores equilibrio en Biodex antes y después del protocolo trabajo estructural del pie

	Media IEG		Desviación Estándar IEG		Media IEAP		Desviación Estándar IEAP		Media IEL		Desviación Estándar IEL	
	AP	PP	AP	PP	AP	PP	AP	PP	AP	PP	AP	PP
Caso 1	8,4	5,7	2,2	0,4	6,8	5,4	1,8	0,6	5,2	1,9	3,4	0,7
	5,4	6,2	0,9	0,1	4,6	5,2	1,3	0,2	3,2	3,6	1,4	0,2
	5,2	5,2	0,6	0,6	4,9	4,6	0,8	0,7	2,1	2,7	1,2	1,0
	<b>6,3</b>	<b>5,7</b>	<b>1,23</b>	<b>0,37</b>	<b>5,43</b>	<b>5,07</b>	<b>1,3</b>	<b>0,5</b>	<b>3,5</b>	<b>2,73</b>	<b>2,0</b>	<b>0,63</b>
<b>Mejora</b>	0,6		0,86		0,36		0,8		0,77		1,37	
Caso 2	14,2	7,9	6,6	2,7	11,1	4,4	3,4	3,0	9,1	6,7	4,5	3,0
	16,4	11,4	10,5	4,2	14,2	7,6	6,0	4,7	8,6	8,8	4,7	4,5
	10,9	7,6	4,6	1,7	9,2	3,8	6,1	2,0	6,3	6,7	4,2	1,1
	<b>13,83</b>	<b>8,97</b>	<b>7,23</b>	<b>2,87</b>	<b>11,5</b>	<b>5,27</b>	<b>5,17</b>	<b>3,23</b>	<b>8,0</b>	<b>7,4</b>	<b>4,47</b>	<b>2,87</b>
<b>Mejora</b>	4,86		4,36		6,23		1,94		0,6		1,6	
Caso 3	8,6	5,2	3,1	0,5	6,7	3,7	3,1	1,4	5,6	3,8	3,7	1,1
	5,6	5,8	1,2	0,7	3,8	3,6	2,6	1,1	4,2	4,7	2,6	0,8
	10,4	4,7	3,9	0,6	9,7	2,9	5,2	1,7	4,3	3,8	2,4	1,3
	<b>8,2</b>	<b>5,23</b>	<b>2,07</b>	<b>0,6</b>	<b>6,73</b>	<b>3,4</b>	<b>3,63</b>	<b>1,4</b>	<b>4,7</b>	<b>4,1</b>	<b>2,9</b>	<b>1,07</b>
<b>Mejora</b>	2,97		1,47		3,33		2,23		0,6		1,83	

IEG: Índice Estabilidad Global; IEAP: Índice Estabilidad Anteroposterior; IEL: Índice Estabilidad Lateral;  
AP: Antes protocolo; PP: Postprotocolo.

los pacientes más crónicos la posibilidad de modificar los componentes sensitivos inmediatamente después de aplicar nuestro protocolo sea menor, unido a otros posibles factores que no se dan en pacientes con cortos períodos de evolución como atrofia y contracturas musculares o patrones compensatorios.

En cambio, no se puede concluir nada acerca de la posible influencia de la edad, apuntada en otros estudios<sup>(6, 7)</sup>, sobre déficit somatosensoriales que afectan al equilibrio en personas de edad avanzada, puesto que nuestro paciente de mayor edad muestra mejores datos iniciales que el sujeto de edad inmediatamente inferior. Estas diferencias probablemente se deban más a la localización de la lesión que a la edad.

En estos datos previos también se aprecia que las cifras del IEAP son peores que las del IEL en todos nuestros sujetos de estudio, lo cual corrobora los datos ya aportados en estudios como el de Pyoria y cols. en 2004<sup>(17)</sup>, encontrando un mayor déficit de equilibrio en pacientes hemipléjicos en un plano anteroposterior. Un estudio realizado por Hemami y cols. en 2006<sup>(18)</sup> determinó que ante una pérdida de equilibrio en este eje, la estrategia del tobillo es la primera que se emplea. Nec-

kel y cols en 2008<sup>(19)</sup> observaron dificultades en la flexión dorsal del pie en pacientes con ictus, por lo que es probable que los pacientes que han sufrido un ictus tengan dificultades para realizar la estrategia del tobillo. Estudios de posturología con distintos tipos de pacientes<sup>(13)</sup>, nos aportan la idea de que las estrategias de equilibración de tobillo determinan la consecución del equilibrio en un eje anteroposterior en cualquier tipo de paciente. Esto sucede probablemente por la gran variedad de información que nos aporta el tobillo/pie, no sólo derivada de las aferencias propioceptivas, sino además de presión en la planta de los pies. Al encontrarse déficit en este tipo de aferencias, es de esperar encontrar el IEAP con peores valores al no poder iniciarse correctamente la estrategia de equilibración de tobillo. Asimismo, es lógico encontrar que al realizar el trabajo estructural, se optimicen las aferencias sensitivas y propioceptivas del pie y del tobillo y que los valores de IEAP mejoren más que los de IEL.

Por último, en el caso 1 (paciente más crónica y con mejores datos de equilibrio iniciales) se aprecia que se ha producido una mayor amplitud de cambio en las cifras de desviación estándar que en las medias de los

índices. Es posible que en pacientes con ictus crónico, el tratamiento estructural de los pies, pueda tener una acción más directa sobre las oscilaciones producidas en bipedestación que sobre la distribución del centro de gravedad. Esto nos parece lógico en un paciente que ya ha adoptado una actitud postural que le permite mantenerse equilibrado en bipedestación, aunque su centro de gravedad esté desplazado en un eje anteroposterior y/o lateral. Sin embargo, es necesario realizar más investigaciones sobre este aspecto.

## CONCLUSIONES

El protocolo de trabajo estructural del pie propuesto ha demostrado ser eficaz para mejorar el equilibrio, descrito tanto en media como desviación estándar de todos los índices, en los tres sujetos con lesión neurológica central objeto de nuestro estudio. Sin embargo, no hay que olvidar que la muestra es demasiado pequeña como para poder extraer conclusiones estadísticamente significativas, haciéndose necesario un estudio más amplio para ello.

Este estudio ofrece más información a ideas ya aportadas por otras investigaciones acerca de la influencia de la sensibilidad plantar y la propiocepción del tobillo y articulaciones del pie sobre el equilibrio. Además, corrobora lo que se observa en la práctica clínica diaria con nuestros pacientes, al evidenciarse que el trabajo estructural de los pies facilita el posterior trabajo realizado en bipedestación, por lo que podría ser una propuesta cronológica de tratamiento dentro de una misma sesión.

## BIBLIOGRAFÍA

- Kandel E, Schwartz JH, Jessell T. Principios de Neurociencia. Madrid: Mc Graw Hill-Interamericana, 2000.
- Simoneau GG, Ulbrecht JS, Derr JA, Becker MB, Cavanagh PR. Postural instability in patients with diabetic sensory neuropathy. *Diabetes Care*. 1994; 17: 1411-21.
- Simoneau GG, Derr JA, Ulbrecht JS, Becker MB, Cavanagh PR. Diabetic sensory neuropathy effect on ankle joint movement perception. *Arch Phys Med Rehabil*. 1996; 77: 453-60.
- Boucher P, Teasdale N, Courtemanche R, Bard C, Fleury M. Postural stability in diabetic polyneuropathy. *Diabetes Care*. 1995; 18: 638-45.
- Geurts AC, Mulder TW, Nienhuis B, Mars P, Rijken RA. Postural organization in patients with hereditary motor and sensory neuropathy. *Arch Phys Med Rehabil*. 1992; 73: 569-72.
- Meyer P, Lars I, Oddsson E, De Luca CJ. The role of plantar cutaneous sensation in unperturbed stance. *Exp Brain Res*. 2004; 156: 505-12.
- Meyer P, Lars I, Oddsson E, De Luca CJ. Reduced plantar sensitivity alters postural responses to lateral perturbations of balance. *Exp Brain Res*. 2004; 157: 526-36.
- Morioka S, Yagi F. Effects of perceptual learning exercises on standing balance using a hardness discrimination task in hemiplegic patients following stroke: a randomized controlled pilot trial. *Clin Rehabil*. 2003; 17: 600-7.
- Lynch EA, Hillier SL, Stiller K, Campanella RR, Fisher PH. Sensory retraining of the lower limb after acute stroke: a randomized controlled pilot trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007; 88: 1101-7.
- Perry SD, McIlroy WE, Maki BE. The role of plantar cutaneous mechanoreceptors in the control of compensatory stepping reactions evoked by unpredictable, multi-directional perturbation. *Brain Res*. 2000; 877: 401-6.
- Akhbari B, Ebrahimi Takamjani I, Salavati M, Ali Sanjari M. A 4-week biodex stability exercise program improved ankle musculature onset, peak latency and balance measures in functionally unstable ankles. *Physical Therapy in Sport*. 2007; 8: 117-29.
- Aydoğ E, Bal A, Aydoğ ST, Çakci A. Evaluation of dynamic postural balance using the Biodex Stability System in rheumatoid arthritis patients. *Clin Rheumatol*. 2006; 25: 462-7.
- Peydro de Moya MF, Baydal Bertomeu JM, Vivas Broseta MJ. Evaluación y rehabilitación del equilibrio mediante posturografía. *Rehabilitación* 2005; 39 (6): 315-23.
- Richerson S, Rosendale K. Does Tai Chi improve plantar sensory ability? A pilot study. *Diabetes Technol Ther*. 2007; 9 (3): 276-86.
- Tsang WW, Hui-Chang CW. Sensorimotor control of balance: a Tai Chi solution for balance disorders in older subjects. *Med Sport Sci*. 2008; 52: 104-14.
- Adomatis Vearrier L, Langan J, Shumway-Cook A, Woolacott M. An intensive massed practice approach to retraining balance post-stroke. *Gait & Posture*. 2005; 22: 154-

- 63.
17. Pyoria O, Era P, Talvitie U. Relationship between standing balance and symmetry measurements in patients following recent strokes ( $\leq 3$  weeks) or older strokes ( $\geq 6$  months). *Physical Therapy*. 2004; 84, 2.
18. Hemami H, Barin K, Pai YC. Quantitative analysis of the ankle strategy under translational platform disturbance. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. 2006; 14 (4): 470-80.
19. Neckel ND, Blonien ND, Nichols D, Hidler J. Abnormal joint torque patterns exhibited by chronic stroke subjects while walking with a prescribed physiological gait pattern. *J Neuroeng Rehabil*. 2008 Sep 1; 5 (1):19.
20. Smania N, Montagnana B, Faccioli S, Fiaschi A, Aglioti SM. Rehabilitation of somatic sensation and related deficit of motor control in patients with pure sensory stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003; 84: 1692-702.