



FUNDACION H.A.BARCELO
FACULTAD DE MEDICINA

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

TRABAJO FINAL DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO: “Efectos de la aplicación de Electroestimulación Funcional en la rehabilitación de la marcha en pacientes post Accidente Cerebrovascular”. Revisión Sistemática.

AUTOR/ES: Medina, María Cecilia

ASESOR/ES DE CONTENIDO: Lic. Batac, Mónica

ASESOR/ES METODOLÓGICO: Lic. Ronzio, Oscar

FECHA DE LA ENTREGA: 18-11-2013

CONTACTO DEL AUTOR: ceciliamed@hotmail.com

RESUMEN

Introducción: el accidente cerebrovascular es una de las causas más frecuentes de discapacidad en adultos de todo el mundo. La gran mayoría de los afectados cursa con hemiplejía, además de trastornos en el habla, de cognición, de deglución y control de esfínteres. La rehabilitación con electroestimulación funcional se lleva a cabo con la aplicación de corrientes eléctricas para conseguir una contracción funcionalmente útil en un músculo privado del control normal. En este trabajo, se logró el objetivo de conocer los efectos de la electroestimulación funcional sobre la marcha del paciente post ACV. **Material y métodos:** se realizó una búsqueda en las bases de datos PubMed y Scielo, desde las cuales se recolectaron artículos que investiguen sobre la aplicación de FES en la marcha en pacientes con ACV. **Resultados:** se seleccionaron diez estudios para la presente revisión científica. Nueve artículos informan que la aplicación de FES resultó de manera positiva, mientras que uno de ellos sostiene que no hay diferencias significativas en el resultado de la aplicación de FES antes y después de la evaluación de la marcha. **Discusión y conclusión:** luego de analizar los estudios seleccionados, se obtuvo que es muy útil la aplicación de electroestimulación funcional como método complementario en combinación con la fisioterapia tradicional en la rehabilitación de la marcha del paciente con ACV.

Palabras clave: modalidades de terapia física; terapia de estimulación eléctrica; accidente cerebrovascular; trastornos neurológicos de la marcha.

ABSTRACT

Introduction: the stroke is one of the most common causes of disability in adults worldwide. The vast majority of those affected presents with hemiplegia, besides speech, cognition, swallowing and bowel control disorders. Functional electrostimulation rehabilitation is accomplished by applying electrical currents to achieve a functionally useful contraction on a muscle that is deprived of normal control. This study was made to determine the effects of functional electrical stimulation on the patient's gait post stroke. **Material and methods:** the database PubMed and SciELO were consulted in search of investigation articles on the application of FES in the gait of patients with CVA. **Results:** ten studies were selected for the present scientific review. Nine papers report that application of FES turned positively, while one of them holds that FES application did not generate significant benefits. **Discussion and conclusion:** after analyzing the selected studies, it was found that it is very useful to apply functional electrical stimulation as a complementary method in combination with traditional physical therapy in the (gait) rehabilitation of patients with CVA.

Keywords: physical therapy modalities; electrical stimulation therapy; stroke; gait disorders neurologic.

INTRODUCCIÓN

“El accidente cerebrovascular (ACV) es un problema mundial de salud. Es la segunda causa más común de mortalidad y una de las causas de discapacidad más grave a largo plazo en adultos”. Aproximadamente, 15 millones de personas sufren un ACV por año en todo el mundo, 5 millones mueren y otros 10 quedan con discapacidad permanente (1). Las consecuencias de un ACV pueden ser discapacidad cognitiva, perceptiva, trastornos en el habla, alteraciones de la deglución, trastornos en el control de esfínteres y alteraciones de la función motora (2-3). La gran mayoría de los afectados (80%) cursa con hemiplejía que conlleva a alteraciones y deformidades en el miembro inferior, produciendo dificultades para caminar. La debilidad motora, el tono muscular anormal, el pobre control motor, la espasticidad asociada y patrones de activación muscular anormales conducen a alteraciones en la marcha que pueden influenciar de manera negativa la vida de la persona que lo sufre (1, 4-5). La velocidad del paso se hace más lenta y el ciclo de la marcha es asimétrico, aumentando el riesgo de caídas (6). En función de lo expuesto, es importante mejorar las capacidades funcionales (1).

Los adultos con hemiplejía tienden a demostrar dos deficiencias características en la marcha: insuficiente flexión dorsal, causando pie equino (una de las complicaciones más frecuentes) y rigidez plantar, provocando una disminución para el empuje (2, 7). Distintos enfoques terapéuticos, como el ejercicio físico, terapias manuales y tratamientos electrofisiológicos se han utilizado para reducir la espasticidad y mejorar la marcha (8).

“La electroestimulación funcional (FES) es una tecnología de rehabilitación que utiliza corrientes eléctricas aplicadas a los nervios periféricos” (9). Se aplica estimulación eléctrica a músculos privados de control normal para que se produzca una contracción funcionalmente útil. A partir de la estimulación se despolariza el nervio motor y se produce una respuesta sincronizada en todas las unidades motoras del músculo estimulado (10).

La aplicación de FES se lleva a cabo en una serie de pulsos eléctricos monofásicos o bifásicos rectangulares, teniendo en cuenta los siguientes parámetros: amplitud o intensidad de pulso, frecuencia o tasa de repetición de impulsos y duración o tren de impulsos (9). Los trenes de impulso provocan una contracción tetánica del músculo, permitiendo que realice la función correspondiente. En estos trenes, la intensidad máxima (rampa de ascenso) y el cese (rampa de descenso) se alcanzan de forma progresiva, de modo que la contracción y relajación sean progresivas. La mayoría de los sistemas FES utilizan los impulsos bifásicos, ya que carecen de efectos galvánicos y provocan menor irritación en la piel. Para que la contracción muscular sea tetánica, la frecuencia de los impulsos que forman el tren debe variar entre 20 y 30Hz (con frecuencias mayores a 50Hz se produce fatiga muscular). Con respecto a la intensidad de la corriente, ésta debe provocar una contracción muscular suficiente para realizar la función que se pretende (no debe ser excesiva) (11). Cuando los pulsos se aplican a los nervios motores, se generan potenciales de acción que viajan a lo largo del axón del músculo objetivo (12-13). Su mecanismo de acción está vinculado a la facilitación de los mecanismos fisiológicos del músculo estriado, lo que permite la selectiva y repetitiva entrada aferente al sistema nervioso central, no sólo activando los músculos locales sino también los mecanismos reflejos que son necesarios para la reorganización de la actividad motora (10). Esta técnica utiliza la retroalimentación aferente durante la

contracción. Este es un proceso en el cual con la ayuda del paciente se puede maximizar el reaprendizaje motor durante el entrenamiento repetitivo (14).

Los nervios motores pueden ser activados desde la superficie (transcutánea) o desde electrodos implantados (percutánea) (12). En los FES que se utilizan actualmente y que se activan desde la superficie, todos los componentes (electrodos, sensor, batería) se encuentran integrados en una prenda que se ajusta a la pierna y utiliza un sensor de inclinación para controlar el momento de la estimulación durante la marcha (a diferencia de los FES antiguos, que utilizaban un interruptor de pie) (15). Cuando la pierna se inclina al final de la fase de apoyo, el sensor de inclinación se convierte en un tren de estímulos. Cuando la pierna se dirige hacia adelante el estímulo se apaga (16). Para flexionar el tobillo durante la oscilación la estimulación se coloca sobre el nervio peróneo común (15).

Los electrodos implantados se colocan a través de una cirugía cerca del punto motor de músculos individuales, seleccionando así los músculos que van a trabajar (15).

Desde 1961, se ha utilizado la electroestimulación funcional para corregir la caída del pie en pacientes con hemiplejía (1). Además, algunos estudios han realizado informes sobre la modificación de la espasticidad a partir de la aplicación de FES (8). Ha quedado demostrado que a través de la aplicación de FES en la etapa temprana de rehabilitación de la marcha se obtienen beneficios que permiten al paciente lograr un mejor resultado funcional en un corto período de tiempo (13). La aplicación de FES promueve la contracción activa muscular, mejora la fuerza muscular, previene atrofia por desuso, reduce el tono muscular, ayuda en el reaprendizaje motor y reduce el costo energético de la marcha luego de un ACV (17).

Los estudios han demostrado que la estimulación eléctrica funcional sobre el nervio peróneo al caminar aumenta la velocidad de la marcha (18). La aplicación de estimulación eléctrica en el músculo tibial anterior puede ser coordinada con el ciclo de la marcha alcanzando una mejor calidad de marcha en pacientes con pie equino (16).

El objetivo de este trabajo es lograr conocer los efectos de la electroestimulación funcional aplicada a la rehabilitación de la marcha en pacientes con hemiplejía.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la elaboración de este trabajo, se realizó una búsqueda el día 8 de julio de 2013 en la base de datos PubMed con las siguientes palabras clave: *“physical therapy modalities” AND “electrical stimulation therapy” AND “stroke” AND “gait disorders neurologic”*. La búsqueda arrojó un total de 51 artículos, de los cuales 23 de ellos fueron seleccionados.

Se efectuó una nueva búsqueda el día 10 de julio de 2013 en la base de datos Scielo con las siguientes palabras clave: *functional electrical stimulation* y *stroke physical therapy*. En este caso se obtuvieron 66 artículos en total, seleccionando 1 de ellos.

Fueron incluidos los artículos que tuvieran los siguientes criterios: 1) estudios en los que sus títulos y/o resumen hicieran referencia a los efectos del uso de la electroestimulación funcional aplicada a la rehabilitación del accidente cerebrovascular, 2) aquellos que informen sobre la aplicación de FES, ya sea a través de electrodos superficiales o

implantados, 3) estudios que analicen la marcha del paciente hemipléjico, 4) artículos que presentaran texto completo en inglés, castellano o portugués publicados entre los años 2003 y 2013 (fue incluido un artículo de más de diez años de antigüedad).

Resultaron excluidos aquellos artículos que proporcionaban información sobre la aplicación de distintos agentes físicos de electroterapia y los que la antigüedad superaba los diez años.

El nivel de evidencia de cada artículo se obtuvo mediante la escala utilizada por la *Scottish Intercollegiate Guidelines Network* (SIGN), siguiendo los siguientes parámetros: 1++) Meta-análisis de gran calidad, revisiones sistemáticas de ensayos clínicos aleatorizados o ensayos clínicos aleatorizados con muy bajo riesgo de sesgos. 1+) Meta-análisis bien realizados, revisiones sistemáticas de ensayos clínicos aleatorizados o ensayos clínicos aleatorizados con bajo riesgo de sesgos. 1-) Meta-análisis, revisiones sistemáticas de ensayos clínicos aleatorizados o ensayos clínicos aleatorizados con alto riesgo de sesgos. 2++) Revisiones sistemáticas de alta calidad de estudios de cohortes o de casos y controles, o Estudios de cohortes o de casos y controles de alta calidad, con muy bajo riesgo de confusión, sesgos o azar y una alta probabilidad de que la relación sea causal. 2+) Estudios de cohortes o de casos y controles bien realizados, con bajo riesgo de confusión, sesgos o azar y una moderada probabilidad de que la relación sea causal. 2-) Estudios de cohortes o de casos y controles con alto riesgo de confusión, sesgos o azar y una significativa probabilidad de que la relación no sea causal. 3) Estudios no analíticos (observaciones clínicas y series de casos). 4) Opiniones de expertos.

RESULTADOS

Número de artículo	Autor	Fecha de publicación	Nivel de evidencia
1	Tanovic, Edina	2009	1+
2	Embrey, David	2010	1+
3	Hakkanson, Nils	2011	2++
4	Yan, Tiebin	2005	1-
5	Modesto, Paulo Cesar	2013	1+
6	Tong, Raymond	2006	2++
7	Lindquist, Ana	2007	2+
8	Ng, Maple	2008	1-
9	Dunning, Kari	2009	2+
10	Sabut, Sukanta	2011	1++
11	Lo, Hsin-Chang	2009	2+
12	Prado-Medeiros	2011	2-
13	Kottink, Anke	2004	1++
14	Tarkka, Ina	2011	2+
15	Kesar, Trisha	2010	2+
16	Alon, Gad	2011	2+
17	Weber, D.	2004	2+
18	Neckel, Nathan	2008	2+

Se realizó la búsqueda en PubMed y Scielo y se encontraron 22 estudios. Doce de ellos fueron excluidos de esta revisión. Los artículos quedaron descartados por no contener datos de accidente cerebrovascular (9, 11-12, 15-16, 19), por no reportar información sobre la marcha (8, 10, 20-21) o por brindar información irrelevante para la revisión (2, 17).

Diez estudios cumplieron con los criterios y fueron incluidos en esta revisión (1, 3, 5, 7, 13-14, 18, 22-24). Se extrajeron los datos de los artículos y se clasificaron mediante los siguientes elementos: pacientes, diseño del estudio y medición de resultados.

El número de pacientes incluidos en la selección de los artículos varía entre 2 y 53, con un total de 248 pacientes analizados. En tres estudios se incluyeron pacientes con ACV agudo (13, 18, 22), en dos artículos se examinaron pacientes con ACV subagudo (3, 24), mientras que en cinco artículos se incluyeron pacientes con ACV crónico (1, 5, 7, 14, 23). Se conoce que las dos primeras semanas luego del ACV corresponden al período agudo; el tiempo comprendido entre las dos primeras semanas y los siguientes seis meses corresponden a la etapa subaguda y el tiempo mayor a seis meses pertenece al estado crónico de la patología (2). En total 45 pacientes pertenecían a la etapa aguda, 93 pacientes a la etapa subaguda y 110 pacientes correspondían a la fase crónica. De los 248 pacientes, 115 eran hombres, 82 eran mujeres y en 51 casos no se mencionó el género. El lado de la hemiplejía fue mencionado en 7 artículos (1, 13-14, 18, 22-24). La hemiplejía izquierda fue mencionada en 94 pacientes, mientras que la hemiplejía derecha en 75 pacientes.

El método de aplicación de FES fue el mismo en todos los estudios, se utilizaron electrodos de superficie.

En el estudio de Lindquist se aplicó FES durante 20 a 45 minutos, 3 veces por semana durante 9 semanas (14). Prado-Medeiros utilizó FES por 45 minutos, 3 veces por semanas durante 6 semanas. En este estudio se especificaron los parámetros utilizados (impulso bifásico, frecuencia de 25Hz y la intensidad varió de acuerdo a la tolerancia del paciente) (23). En la investigación de Tong se aplicó FES durante 20 minutos, 6 veces por semana durante 4 semanas (13). Dunning colocó FES durante 40 minutos, 7 veces por semana (18). Sabut administró la corriente entre 20 y 30 minutos, 5 veces por semana durante 12 semanas, con una frecuencia de 35Hz (1). En el estudio de Hakansson se utilizó FES 3 veces por semana durante 12 semanas (5). Tanovic aplicó la estimulación durante 15 minutos, 5 veces por semana durante 8 semanas (3). Ng, suministró FES durante 20 minutos, 5 veces por semana durante 4 semanas (24). En el estudio de Yan se proporcionó la estimulación durante 30 minutos, 5 veces por semana durante 3 semanas; con una frecuencia de 30Hz y la intensidad correspondiente a la tolerancia de cada paciente (22). En sólo un estudio los pacientes utilizaron la electroestimulación funcional en su domicilio, aplicado entre 6 y 8 horas por día, todos los días durante 6 meses (7).

En 9 de los 10 artículos se demostró que la aplicación de FES en pacientes hemipléjicos post ACV mejora la calidad de la marcha (1, 3, 5, 7, 13-14, 18, 22, 24).

En el estudio de Sabut (1) se indicó que hubo mejoras en las características de la marcha y en el esfuerzo al caminar. Tanovic (3) manifestó que la marcha mejoró al finalizar el tratamiento en pacientes con hemiplejía leve. Hakansson (5) mostró que los pacientes

aumentaron la velocidad de la marcha. El estudio de Embrey (7) expuso que hubo mejoras en la distancia recorrida y la velocidad de la marcha luego de utilizar FES durante 6 meses y que estos efectos se mantuvieron una vez retirado el estimulador. Tong (13) explicó en su análisis que luego de la aplicación se optimizó la habilidad ambulatoria y la marcha. Lindquist (14) señaló que FES mejoró la simetría de la marcha hemipléjica. En la investigación de Dunning (18) se demostró que los pacientes mejoraron la duración de la marcha sin que se produzca fatiga muscular. Yan (22) explicó que los pacientes que utilizaron FES durante el tiempo determinado tuvieron tendencia a caminar 2 o 3 días antes que los que no recibieron FES. La investigación de Ng (24) arrojó que hubo mejoras en la calidad y velocidad de la marcha.

El estudio de Prado-Medeiros (23) indicó que la adición de FES no demostró ningún progreso adicional sobre los parámetros de la marcha.

Autor	Año	Pacientes				Tratamiento			Medición de resultados
		N°	Sexo	Etapa ACV	Lado hemipléjico	Utilización	Duración	Grupo control	
Yan	2005	41	H: 20	Aguda	Izq.: 23	FES de superficie	5 veces por sem/3 sem	Grupo control: fisioterapia.	Marcha anticipada
			M: 21		Der.: 18	30 min			
Tong	2006	2	H: 2	Aguda	Izq.: 1	FES de superficie	6 veces por sem/4 sem	No posee	Habilidad ambulatoria y calidad de la marcha
					Der.: 1	20 min.			
Lindquist	2007	8	H: 6	Crónica	Izq.: 6	FES de superficie	3 veces por sem/9 sem	No posee	Simetría de la marcha
			M: 2		Der.: 2	20-45 min			
Ng	2008	53	H: 34	Sub-aguda	Izq.: 31	FES de superficie	5 veces por sem/4 sem	Grupo CT: fisioterapia	Calidad y velocidad de la marcha
			M: 19		Der.: 22	20 min.			
Dunning	2009	2	H: 1	Aguda	Der.: 2	FES de superficie. 40 min	7 veces por semana	No posee	Duración de la marcha
			M: 1						
Tanovic	2009	40	H: 22	Sub-aguda	No menciona	FES de superficie 15 min	5 veces por sem/8 sem	Fisioterapia	Calidad de la marcha
			M: 18						
Embrey	2010	28	H: 16	Crónica	No menciona	FES de superficie en domicilio. 6-8hs por día	7 veces por sem/6 meses	Entrenamiento de la marcha	Distancia y velocidad de la marcha
			M: 12						
Sabut	2011	51	No menciona	Crónica	Izq.: 26	FES de superficie	5 veces por sem/12 sem	Fisioterapia	Características de la marcha y esfuerzo al caminar
					Der.: 25	20-30 min			
Hakansson	2011	11	H: 6	Crónica	No menciona	FES de superficie	3 veces por sem/12 sem	No posee	Velocidad de la marcha
			M: 5						
Prado-Medeiros	2011	12	H: 8	Crónica	Izq.: 7	FES de superficie	3 veces por sem/6 sem	No posee	Parámetros de la marcha
			M: 4		Der.: 5	45 min			

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

En la presente revisión, fueron analizados los resultados de diez estudios con el fin de evaluar los efectos de la electroestimulación funcional en la mejora de la marcha en pacientes con accidente cerebrovascular. En los estudios se observó la calidad de la marcha, la duración de la misma y la velocidad. Nueve de esos estudios indicaron que hubo un efecto positivo en la aplicación de FES para este tipo de rehabilitación. La mitad de los artículos realizaron una comparación entre pacientes que recibieron la estimulación y pacientes que sólo recibieron fisioterapia (1, 3, 7, 22, 24). La otra mitad, comparó los resultados antes y después de la aplicación de FES (5, 13-14, 18, 23). Cabe destacar que todos los autores investigaron aplicando electrodos de superficie ya que el tratamiento se realizó de manera ambulatoria. Los electrodos implantados, si bien logran una mayor selectividad muscular dado que se colocan cerca de los puntos motores, requieren cirugía abierta y generalmente esto no es aceptado por los pacientes (15).

Tanto el estudio de Sabut (1) como el de Modesto (10) llegan a la conclusión de que es más efectiva la aplicación de estimulación eléctrica funcional combinada con fisioterapia convencional, que sólo realizar fisioterapia.

Aunque las investigaciones de Tong (13) y Dunning (18) llegaron a resultados positivos, es notorio que sólo analizaron a dos pacientes cada uno, lo cual lleva a especular sobre la falta de población de estudio. En el resto de las publicaciones, el número de pacientes aumentó haciendo más rica la investigación y llegando a resultados más concretos.

No se encuentran diferencias sobre los efectos de la aplicación de FES según el estadio del ACV. Si bien Yan (22) indica que es más efectiva una temprana intervención, puesto que la recuperación más rápida se produce durante las primeras semanas luego del ACV, los resultados de los estudios analizados muestran que existen efectos beneficiosos luego de la aplicación de FES sin discriminar si el paciente se encuentra en la etapa aguda, subaguda o crónica del accidente cerebrovascular.

Luego de analizar la bibliografía utilizada, se observa que la electroestimulación funcional resulta ser un método positivo durante la rehabilitación de la marcha post ACV, siempre que sea utilizado como un complemento de la fisioterapia convencional. La situación ideal es tratar a los pacientes una vez que estén estabilizados en el hospital para que alcancen una pronta recuperación. La rehabilitación convencional y el uso de FES tienen grandes efectos terapéuticos que previenen complicaciones ocasionadas por la falta de movilidad de los pacientes con ACV. Colaboran en la reducción de la espasticidad, disminuyen la osteoporosis y previenen la aparición de deformidades. Por ello, es necesaria una buena atención kinésica secundada por la aplicación de métodos complementarios como es la estimulación eléctrica funcional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sabut SK, Sikdar C, Kumar R, Mahadevappa M. Functional electrical stimulation of dorsiflexor muscle: effects on dorsiflexor strength, plantarflexor spasticity, and motor recovery in stroke patients. *NeuroRehabilitation*. 2011;29(4):393-400.
2. Kottink AI, Oostendorp LJ, Buurke JH, Nene AV, Hermens HJ, MJ IJ. The orthotic effect of functional electrical stimulation on the improvement of walking in stroke patients with a dropped foot: a systematic review. *Artif Organs*. 2004 Jun;28(6):577-86.
3. Tanovic E. Effects of functional electrical stimulation in rehabilitation with hemiparesis patients. *Bosn J Basic Med Sci*. 2009 Feb;9(1):49-53.
4. Pizzi A, Carlucci G, Falsini C, Lunghi F, Verdesca S, Grippo A. Gait in hemiplegia: evaluation of clinical features with the Wisconsin Gait Scale. *J Rehabil Med*. 2007 Mar;39(2):170-4.
5. Hakansson NA, Kesar T, Reisman D, Binder-Macleod S, Higginson JS. Effects of fast functional electrical stimulation gait training on mechanical recovery in poststroke gait. *Artif Organs*. 2011 Mar;35(3):217-20.
6. Neckel ND, Blonien N, 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;5:19.
7. Embrey DG, Holtz SL, Alon G, Brandsma BA, McCoy SW. Functional electrical stimulation to dorsiflexors and plantar flexors during gait to improve walking in adults with chronic hemiplegia. *Arch Phys Med Rehabil*. 2010 May;91(5):687-96.
8. Lo HC, Tsai KH, Su FC, Chang GL, Yeh CY. Effects of a functional electrical stimulation-assisted leg-cycling wheelchair on reducing spasticity of patients after stroke. *J Rehabil Med*. 2009 Mar;41(4):242-6.
9. Bajd T, Munih M. Basic functional electrical stimulation (FES) of extremities: an engineer's view. *Technol Health Care*. 2010;18(4-5):361-9.
10. Modesto PC, Pinto FC. Comparison of functional electrical stimulation associated with kinesiotherapy and kinesiotherapy alone in patients with hemiparesis during the subacute phase of ischemic cerebrovascular accident. *Arq Neuropsiquiatr*. 2013 Apr;71(4):244-8.
11. Avendaño Coy J, Basco López J. Electroestimulación funcional en el lesionado medular (revisión científica). *Fisioterapia*. 2001;23:12-22.
12. Peckham PH, Knutson JS. Functional electrical stimulation for neuromuscular applications. *Annu Rev Biomed Eng*. 2005;7:327-60.
13. Tong RK, Ng MF, Li LS, So EF. Gait training of patients after stroke using an electromechanical gait trainer combined with simultaneous functional electrical stimulation. *Phys Ther*. 2006 Sep;86(9):1282-94.
14. Lindquist AR, Prado CL, Barros RM, Mattioli R, da Costa PH, Salvini TF. Gait training combining partial body-weight support, a treadmill, and functional electrical stimulation: effects on poststroke gait. *Phys Ther*. 2007 Sep;87(9):1144-54.
15. Weber DJ, Stein RB, Chan KM, Loeb GE, Richmond FJ, Rolf R, et al. Functional electrical stimulation using microstimulators to correct foot drop: a case study. *Can J Physiol Pharmacol*. 2004 Aug-Sep;82(8-9):784-92.

16. Sujith OK. Functional electrical stimulation in neurological disorders. *Eur J Neurol*. 2008 May;15(5):437-44.
17. Kesar TM, Perumal R, Jancosko A, Reisman DS, Rudolph KS, Higginson JS, et al. Novel patterns of functional electrical stimulation have an immediate effect on dorsiflexor muscle function during gait for people poststroke. *Phys Ther*. 2010 Jan;90(1):55-66.
18. Dunning K, Black K, Harrison A, McBride K, Israel S. Neuroprosthesis peroneal functional electrical stimulation in the acute inpatient rehabilitation setting: a case series. *Phys Ther*. 2009 May;89(5):499-506.
19. Tarkka IM, Pitkanen K, Popovic DB, Vanninen R, Kononen M. Functional electrical therapy for hemiparesis alleviates disability and enhances neuroplasticity. *Tohoku J Exp Med*. 2011;225(1):71-6.
20. Weingarden H, Ring H. Functional electrical stimulation-induced neural changes and recovery after stroke. *Eura Medicophys*. 2006 Jun;42(2):87-90.
21. Alon G, Conroy VM, Donner TW. Intensive training of subjects with chronic hemiparesis on a motorized cycle combined with functional electrical stimulation (FES): a feasibility and safety study. *Physiother Res Int*. 2011 Jun;16(2):81-91.
22. Yan T, Hui-Chan CW, Li LS. Functional electrical stimulation improves motor recovery of the lower extremity and walking ability of subjects with first acute stroke: a randomized placebo-controlled trial. *Stroke*. 2005 Jan;36(1):80-5.
23. Prado-Medeiros CL, Sousa CO, Souza AS, Soares MR, Barela AM, Salvini TF. Effects of the addition of functional electrical stimulation to ground level gait training with body weight support after chronic stroke. *Rev Bras Fisioter*. 2011 Nov-Dec;15(6):436-44.
24. Ng MF, Tong RK, Li LS. A pilot study of randomized clinical controlled trial of gait training in subacute stroke patients with partial body-weight support electromechanical gait trainer and functional electrical stimulation: six-month follow-up. *Stroke*. 2008 Jan;39(1):154-60.