



FUNDACION H.A.BARCELO
FACULTAD DE MEDICINA

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

TRABAJO FINAL DE INVESTIGACIÓN

**EFFECTOS DE LA ESTIMULACIÓN ELÉCTRICA FUNCIONAL SOBRE LA FUNCIÓN DE LA MANO
ESPÁSTICA POST ACV. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA.**

AUTOR/ES: López, Yanina

TUTOR/ES DE CONTENIDO: Lic. Bacigalupe, Mariano

TUTOR/ES METODOLÓGICO: Lic. Dandres, Romelí

FECHA DE LA ENTREGA: 04-12-2014

CONTACTO DEL AUTOR: yaninalopez59@hotmail.com

RESUMEN

Introducción: El accidente cerebro vascular (ACV) es un problema de salud que afecta a adultos en todo el mundo, siendo la segunda causa de muerte y primera de discapacidad a largo plazo, la mayoría de los afectados cursa con hemiplejía. La estimulación eléctrica funcional (FES) es una tecnología de rehabilitación que utiliza corriente eléctrica sobre músculos con déficit motor. El objetivo de la presente revisión fue buscar evidencia científica sobre los efectos de FES sobre la recuperación de la función de la mano espástica en pacientes que han sufrido un ACV.

Material y métodos: Se realizó una búsqueda de artículos científicos en las bases de datos PubMed, Ebsco y Scielo. Se combinaron palabras claves y se obtuvieron un total de 27 artículos que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión.

Resultados: Se analizaron 12 estudios para la presente Revisión. La mayoría de las investigaciones coinciden en que FES es efectivo para la recuperación de la función motora post ACV, generando cambios a nivel cortical y en el rango de movilidad articular, aunque dos autores no obtuvieron resultados significativos.

Discusión y Conclusión: Los resultados de los estudios indican una evidencia de la eficacia de FES para mejorar la función de la mano espástica en personas que han sufrido un ACV siempre que se utilice como complemento de una rehabilitación tradicional.

Palabras Clave: terapia de estimulación eléctrica, estimulación eléctrica funcional, terapia física, hemiparesia, espasticidad miembro superior, accidente cerebrovascular.

ABSTRACT

Introduction: Cerebrovascular accident (CVA) is a health problem that affects people worldwide, being the second leading cause of death and the leading cause of disability lengthen term most affected presents with hemiplegic. Functional electrical stimulation (FES) rehabilitation is a technology that uses electrical current applied to motor deficit muscles. The aim of this review was to find scientific evidence about the effects of FES on the recovery of function of the spastic hand in patients who have had a stroke.

Material and methods: A search of scientific articles in the databases PubMed, Ebsco and Scielo data was performed. Keywords were combined and a total of 27 articles that met the inclusion and exclusion criteria were obtained.

Results: 12 studies for this research were analyzed; most of the research agrees that FES is effective for the recovery of motor function after a stroke, causing changes at the cortical level and in the range of joint motion, although two authors did not obtain significant results.

Discussion and conclusion: The results of the studies show evidence of the effectiveness of FES to improve function in spastic hand in people who have had a stroke whenever it is used as an adjunct to traditional rehabilitation.

Keywords: electrical stimulation therapy, functional electrical stimulation, physical therapy, hemiparesis, upper limb spasticity, stroke.

INTRODUCCIÓN

El Accidente Cerebrovascular (ACV) es un problema de salud a nivel mundial, es causado por una alteración a nivel circulatorio en el cerebro, se refleja con un déficit neurológico de inicio agudo que persiste al menos 24 horas, con reducción de las funciones del sistema nervioso central, puede ser consecuencia de una hemorragia, disminución de flujo, trombosis o embolia. Su causa es isquémica en un 80 % y hemorrágica en un 20% de los casos, sigue siendo una de las principales preocupaciones de la salud pública y la tercera causa de muerte luego de las enfermedades cardíacas y el cáncer. El ACV es considerado principal causa de discapacidad a largo plazo.(1-7)

En Estados Unidos surgen 795.000 nuevos casos o casos recurrentes por año, en Italia la cifra es de 180.000 nuevos casos, de los cuales el 20% son recurrentes. En China la incidencia anual de Ictus entre 1980 y 1990 fue de 215 casos por cada 100.000 habitantes, lo que ha aumentado progresivamente en los últimos años.(1-3, 5, 8, 9)

Aproximadamente el 75% de los sobrevivientes tiene algún tipo de discapacidad, son habituales alteraciones del habla, deglución, problemas faciales, psicológicos, trastornos nerviosos, de la sensibilidad y déficit motor, entre el 55-75% de los sobrevivientes presenta hemiparesia del miembro superior, lo que limita la función del brazo y de la mano, haciendo las tareas bimanuales difíciles o imposibles. Sólo el 5% de los pacientes con parálisis completa recuperan la función total del brazo y mano y entre el 30 a 66% nunca pueden utilizar el brazo afectado correctamente de nuevo y los que recuperan el movimiento intencional del miembro superior tienen un control motor fino o destreza deficiente, debido a la pérdida de sensibilidad y a las deficiencias en la integración sensorio motora.(2-6, 8-10)

La Hemiparesia del miembro superior se ve agravada por el desuso y las fuertes contracciones involuntarias (patrones de sinergia) de los músculos flexores y pronadores que se oponen a los movimientos voluntarios de largo alcance, dejando como consecuencia una mano sin función, en la típica posición de flexión de muñeca, desviación radial y flexión de dedos en puño con marcada espasticidad.(8, 9, 11)

La recuperación de las extremidades superiores es mucho más lenta que la de los miembros inferiores. Las secuelas del ACV tienen un gran impacto en las actividades de la vida diaria de la persona y conlleva una gran carga para las familias de los sobrevivientes y para la sociedad en general. Las actividades de la vida diaria se ven reducidas en las personas con moderada a severa debilidad muscular o espasticidad, lo que provocó la necesidad de tratamientos que contribuyan a aumentar la función de prensión de la mano durante la realización de tareas orientadas a la recuperación motora.(2, 5, 6, 10)

Los estudios clínicos han demostrado que la estimulación eléctrica aplicada después de un ACV mejora en gran medida la función motora y el rendimiento en las actividades de la vida diaria y reduce la espasticidad a largo plazo.(2, 5, 12, 13)

La Estimulación Eléctrica Funcional (FES) es una tecnología de rehabilitación que utiliza corriente eléctrica aplicada a músculos con nervios periféricos indemnes, generando estimulación neuronal de manera artificial, se aplica FES a tejidos excitables para complementar o sustituir la función que se pierde en personas con déficit motor por parálisis de la motoneurona superior. FES genera cambios en la excitabilidad actuando

sobre la neuroplasticidad del cerebro maduro, dando lugar a la reorganización cortical y se utiliza en el tratamiento de personas con espasticidad causada por lesiones medulares, hemiplejía después de un ACV o parálisis cerebral.(12, 14-18)

La aplicación de FES se realiza a través de electrodos de manera transcutánea o percutánea, se utilizan generalmente duraciones cortas de impulsos eléctricos aplicados a través de la piel para producir la activación de músculos paréticos, con una serie de pulsos que pueden ser monofásicos o bifásicos, variando la amplitud, intensidad del pulso, frecuencia y duración o tren de impulso. Los trenes de estimulación tienen diferentes combinaciones de frecuencia e intensidad, separados por rampas de ascenso, donde la intensidad es máxima y rampa de descenso, donde no se envía impulso eléctrico. Se pueden utilizar para generar la fuerza muscular necesaria para realizar una tarea funcional durante la aplicación de FES. La intensidad se alcanza de manera progresiva para que la contracción y relajación también lo sean.(6, 10, 11, 13, 14, 17)

Cuando se aplica una corriente estimulante a los electrodos colocados sobre la piel se genera un potencial de acción que viaja a lo largo del axón del músculo paralizado y las contracciones musculares se coordinan de forma que proporcionan una contracción funcionalmente útil. Se realizan diferentes combinaciones de frecuencia e intensidad para generar la contracción muscular requerida. La mayoría de los sistemas de FES clínicos utilizan el mínimo de frecuencia que puede generar una contracción tetánica y varían la intensidad para producir la fuerza deseada. El uso habitual de frecuencias menores de 30 *Hertz (HZ)* se basa en que frecuencias mayores de 30-40 *HZ* causan fatiga muscular.(11-14, 16, 17, 19, 20)

Con un tratamiento de FES que se ajuste a las necesidades del paciente hemipléjico post ACV, se puede disminuir el tiempo de rehabilitación y el paciente recibe menos intervenciones que generan menos costos para los Sistemas de Salud. Generando una integración más rápida y económicamente productiva del paciente en la sociedad.(3, 10)

FES se utiliza para tratar hemiplejía crónica desde 1960, siendo eficaz en la recuperación en pacientes con parálisis, ha demostrado ser útil en la rehabilitación de la marcha, recuperación cardiopulmonar, y en la recuperación de la función del hombro hemipléjico. Es un tratamiento habitual y reconocido entre los agentes de fisioterapia.(14)

Se ha demostrado que la estimulación eléctrica aumenta la función motora, disminuye la espasticidad, la atrofia muscular y genera mayor independencia del paciente, sin embargo, sus resultados sobre la mano espástica generan controversias en cuanto a la relación de la rápida fatiga muscular de la mano parética y el acompañamiento voluntario del paciente en la aplicación de FES.(7, 14, 15, 21, 22)

El objetivo de éste trabajo fue encontrar evidencia científica acerca de los efectos de FES sobre la recuperación de la función de la mano espástica en pacientes post ACV.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la elaboración de ésta Revisión Bibliográfica se realizó una búsqueda entre los meses de mayo y junio en las bases de datos *PubMed*, *Ebsco* y *Scielo*.

La búsqueda se realizó combinando las palabras clave “*electrical stimulation therapy AND stroke*”, “*functional electrical stimulation AND spasticity*”, “*functional electrical*

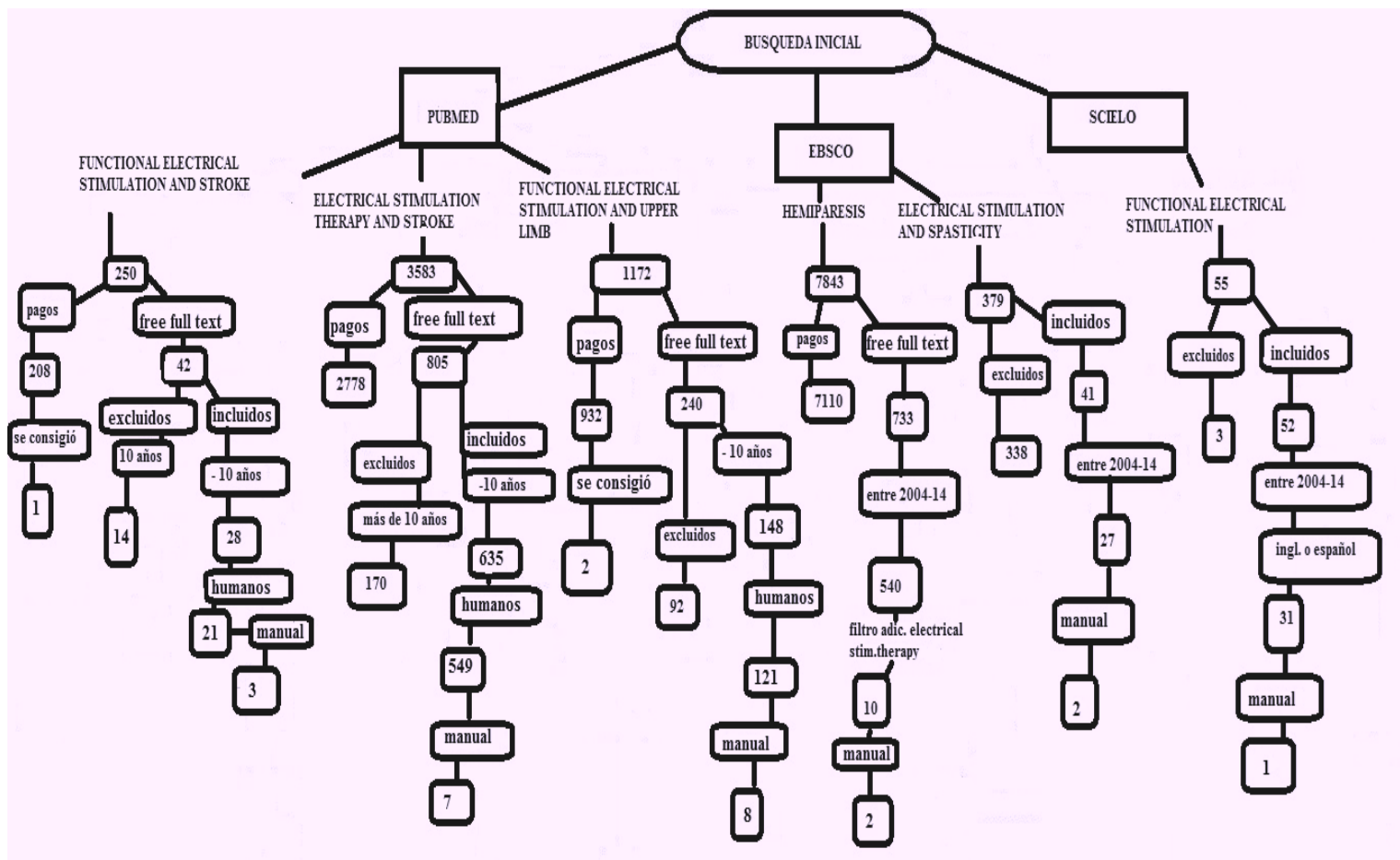
stimulation AND upper limb”, “*hemiparesis*”, “*electrical stimulation AND spasticity*”, “*functional electrical stimulation*”, “*stroke physical therapy*”.

Los criterios de inclusión fueron seleccionar artículos publicados de no más de 10 años, publicaciones en inglés o español sin restricción de edad, género o raza, estudios hechos en humanos, artículos en versión completa, gratuita, estudios clínicos no aleatorizados, casos control, y algunas revisiones bibliográficas sistematizadas. Estudios en los que su título o *abstract* hicieran referencia al accidente cerebrovascular, hemiplejía, espasticidad, mano espástica. Artículos que cumplieran con la especificidad y sensibilidad de la búsqueda, que hicieran referencia al uso de la Estimulación Eléctrica Funcional (FES), sus efectos y aplicaciones y que relacionen hemiplejía o espasticidad con FES.

Se excluyeron artículos que informaban sobre trabajos realizados en animales, inconclusos, no disponibles en texto completo, pagos, artículos que hacían referencia a cirugías, farmacología u otras patologías médicas que no fueran ACV. También se excluyeron tratamientos de fisioterapia que no fueran sobre FES. Se obtuvieron para la realización de éste trabajo 3 artículos pagos.

El nivel de evidencia de los artículos citados se obtuvo mediante las escalas *Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN)* para evaluar la calidad de las revisiones bibliográficas y escala *PEDro* para evaluar los estudios clínicos.

RESULTADOS



En *PubMed* se realizó una búsqueda combinando las palabras clave “*electrical stimulation therapy AND stroke*” que arrojó 3583 artículos, de los cuales se seleccionaron 7. Las palabras “*functional electrical stimulation AND spasticity*”, arrojaron 250 artículos, se seleccionaron 3 de ellos, con las palabras clave “*functional electrical stimulation AND upper limb*” se obtuvieron 1172 artículos, de los que se seleccionaron 9. Se obtuvieron 3 artículos pagos, de los cuales 2 fueron abonados y uno se consiguió por mail de uno de sus autores. La búsqueda realizada en *Ebsco* con la palabra clave “*hemiparesis*” arrojó 7843 resultados, de los cuales se seleccionaron 2 artículos. Las palabras clave “*electrical stimulation AND spasticity*” ofrecieron 379 resultados, se seleccionaron 2 artículos. Se realizó una búsqueda en la base de datos *Scielo* con las palabras “*functional electrical stimulation*” que dejó 55 resultados, seleccionando 1 artículo.

Doce artículos fueron seleccionados para ser analizados por aportar información relevante para éste trabajo. Cabe destacar que en todos los estudios la aplicación de FES se realizó con electrodos de superficie.

TABLA1. Se detallan las Revisiones Sistemáticas y el nivel de evidencia mediante la *Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN)*.(23)

Artículo	AUTOR	AÑO	TÍTULO	NIVEL DE EVIDENCIA
1	Tarkka, Ina	2011	<i>Functional electrical therapy for hemiparesis disability and enhances neuroplasty</i>	2+
2	Weber, D	2004	<i>Cyclic Fes does not enhances gains in hand grasp function when used as adjunct to Onabotulinum toxin A</i>	2+
3	Yan, Tiebin	2005	<i>FES improves motor recovery of the lower extremity and walking ability of subjects of first acute stroke</i>	1-
4	Tanovic, E	2009	<i>Effects of FES in rehabilitation with hemiparesis patients</i>	1+
5	Kesar, T.	2010	<i>Effects of stimulation frequency versus pulse duration modulation on muscle fatigue</i>	2+
6	Anderson	2008	<i>Probability-based prediction of activity in multiple arms muscles: implication for FES</i>	2+
7	Badj, T.	2010	<i>Basic Functional Electrical Stimulation (fes) of extremities: an engineer's view</i>	4
8	Yukihiro	2008	<i>Neurorehabilitation with new FES for hemiparetic upper extremity in stroke</i>	2+
9	Kesar, T.	2006	<i>Effect of frequency and pulse duration on human muscle fatigue during repetitive FES</i>	2++
10	Chu, L.W.	2008	<i>Effects of stimulation frequency and pulse duration modulation on muscle fatigue</i>	2+
11	Modesto	2012	<i>Comparison of FES associated with kinesiotherapy and kinesiotherapy alone in patients with hemiparesis</i>	1+
12	Peckham	2005	<i>FES for neuromuscular applications</i>	2++
13	Schuhfried	2012	<i>Non-invasive FES in patients with central nervous system lesions</i>	2+

TABLA 2. Muestra el nivel de evidencia de los Ensayos Clínicos mediante la Escala PEDro.(24)

AUTOR	AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	TOTAL
Hong, I.K.	2012	X	X		X	X	X			X	X	X	8
Wenjuan, W.	2013	X			X	X		X	X	X	X	X	8
Ferrante S.	2008	X	X		X	X	X				X	X	7
Hong, I.K.; Choi J.B	2012	X	X	X		X				X	X	X	7
Makowski, N. S.	2012	X	X		X					X	X	X	6
Knudson j; Makowski N.	2013	X	X		X	X				X	X	X	7
Barsi, G.I.	2008	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	10
Inobe, J.	2013	X	X		X				X		X	X	6
Knudson, J.S.	2011	X	X	X		X			X	X	X	X	8
Kwakkel, G.	2012	X	X		X	X		X	X	X	X	X	9
Lin, Z.	2011	X							X		X	X	4
Lindenberg, R.	2012	X	X						X		X	X	5
Nebojsa, M.	2012	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	10
Wissel, J.	2010	X	X			X		X	X	X	X	X	8
Calidad Metodológica de los estudios incluidos- Escala PEDro													
<p>Criterios de elección de Escala PEDro: 1- los criterios de elección fueron especificados, 2- Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos, 3- La asignación fue oculta, 4- Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes, 5- Todos los sujetos fueron cegados, 6- Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados, 7- Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados, 8- Las medidas de al menos uno de los resultados claves fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos, 9- Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por "intención de tratar", 10- Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave, 11- El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave, X- Criterio cumplido.</p>													

Efectos de FES a nivel cortical

Wenjuan Wei (et al) y *Tarkka Ina (et al)* investigaron los cambios producidos mediante la aplicación de FES a nivel cortical. *Wenjuan* consideró la neuroplasticidad como papel fundamental para la recuperación post ACV. El objetivo de *Tarkka* fue evaluar los cambios estructurales producidos luego de la lesión y los encontrados durante la aplicación de la estimulación eléctrica. En la investigación de *Wenjuan* fueron incluidos 14 pacientes mientras que *Tarkka* obtuvo resultados de 20 pacientes. Ambos trabajaron en el estadio subagudo de la patología (considerado como tal, el periodo comprendido entre la segunda semana y los 6 meses post ictus). En ambos estudios se aplicaron electrodos de superficie durante 4 semanas. Los resultados de *Wenjuan* mostraron una clara correlación entre la actividad cerebral relacionada con las tareas motoras solicitadas a los pacientes, además de un aumento de la actividad motora contralesional. Los autores coinciden en que existe organización cortical durante la recuperación. Reconocieron aumento de la excitabilidad del hemisferio afectado con mejoras perdurables en la actividad motora de la mano en el seguimiento realizado a los pacientes a los 6 meses desde la primera aplicación.(4, 6)

Barsi (et al) en línea con la investigación de *Wenjuan* y *Tarkka*, expuso la aplicación de FES en 20 pacientes con ACV subagudo. Luego de 4 semanas de investigación

aplicando la corriente sus resultados fueron aumento de la actividad motora contralesional mediante la estimulación de la mano espástica, así como aumento de la fuerza muscular en pacientes del grupo FES; mientras que el 20% de los pacientes del grupo control no tuvo grandes modificaciones. Aunque asegura que se necesitan realizar pruebas con un número mayor de pacientes.(4, 6, 15)

En el estudio de *Hong Ki (et al)* se introdujo un nuevo enfoque utilizando la formación de imágenes mentales combinadas con estimulación eléctrica electromiográfica *versus* el tratamiento con FES para mejorar la función motora del miembro superior en pacientes con paresia post ACV en etapa crónica (considerado como tal el periodo mayor a los 6 meses luego del ictus). Su objetivo fue comprobar si la retroalimentación sensorial generaba cambios a nivel cortical en lesiones crónicas. Trabajó sobre un total de 14 pacientes, separándolos en dos grupos, uno para cada tratamiento, aplicó ambas terapias en los músculos extensores del antebrazo, realizó 2 sesiones diarias, 5 veces por semana, durante 4 semanas. Encontró que la formación de imágenes mentales y la estimulación eléctrica electromiográfica generaron un aumento significativo del metabolismo en el área motora contralesional complementaria, mientras que la terapia con FES no produjo diferencias significativas. (25)

FES, fatiga y esfuerzo voluntario

Makowski N. (et al) y *Knutson J. (et al)* investigaron qué cantidad de esfuerzo voluntario debe realizar el paciente a la hora de aplicar el tratamiento con FES para inhibir las contracciones musculares reflejas y evitar la fatiga muscular. Ambos autores trabajaron con pacientes con ACV crónico con grado moderado de discapacidad en 1 miembro superior. Compararon los resultados obtenidos en diferentes grupos aplicando FES sólo, Kinesioterapia convencional más FES y Kinesioterapia convencional más esfuerzo voluntario sólo. Tanto *Makowski* como *Knutson*, aplicaron FES mientras pedían ejercicios simples de movimientos de la mano y compararon los diferentes niveles de intensidad necesarios para alcanzar las tareas. *Knutson* encontró que aplicando FES sólo el paciente no lograba los objetivos pretendidos y aplicando FES y aumentando el esfuerzo voluntario el paciente se fatigaba muy fácilmente. *Makowski* reconoció que aumentando el esfuerzo voluntario aumentaban las contracciones musculares reflejas y se desperdiciaba la electroestimulación, además de que los pacientes no lograban abrir la mano. Ambos trabajaron según tolerancia con diferentes intensidades de estimulación, obtuvieron mayor rango de movimiento con intensidades entre 30-35 HZ.(8, 9)

En el estudio de *Yuan T. (et al)* se demuestra que FES a intensidades entre 30-40 HZ genera el potencial necesario para abrir la mano demostrando cambios en la función motora; sin embargo, concluye que las características particulares de cada paciente modifican los resultados finales y que la estimulación debe ser aplicada como terapia auxiliar y no como único método de tratamiento.(26)

Weber D. (et al) sumó la estimulación funcional como terapia auxiliar en su tratamiento de la espasticidad con Toxina Botulínica tipo A (TBA). Trabajó con 20 pacientes con ACV crónico y grado severo de espasticidad, de los cuales 10 recibieron FES y TBA. En las primeras 6 semanas encontró leves mejoras en la función motora, aunque encontró iguales resultados en los pacientes a los que sólo se les aplicó la inyección, por lo que no lo consideró importante, tampoco obtuvo beneficios en cuanto al dolor. Luego de 12 semanas no encontró mejoras significativas en los pacientes tratados con FES y

TBA, por tal motivo no lo consideró como tratamiento fundamental para la rehabilitación de la espasticidad crónica.(5)

En el estudio realizado por *Inobe (et al)* se evaluaron los efectos de FES aplicándolo en los músculos extensores de la mano afectada sobre 4 pacientes post ACV crónico, con grado severo de discapacidad y tres pacientes control sometidos a entrenamiento sin estimulación. En el estudio se varió la intensidad de FES entre 30-45 HZ se tuvo en cuenta la estimulación aplicada, la tolerancia y el nivel de fatiga generado sobre los pacientes. Luego de 4 semanas de tratamiento se obtuvo que los pacientes que recibieron estimulación a frecuencias de 30 HZ o contracción muscular visible lograron un aumento significativo de su función motora en comparación con el grupo control, según la evaluación *Fugl- Meyer (FMA)*, que evalúa la función motora antes y después de la terapia. Los pacientes que recibieron estimulación mayor a 40 HZ presentaron signos de fatiga o intolerancia a la estimulación y se suspendió el tratamiento.(27) *Modesto* indicó que lo considera un tratamiento eficaz ya que los resultados obtenidos en sus pacientes luego de 4 semanas mostraron aumento considerable de la función motora del miembro superior, con mejoras perdurables en el seguimiento realizado a los 6 meses.(28)

Tratamiento temprano de la Espasticidad

Kwakkel (et al) y *Wissel (et al)* investigaron sobre el tratamiento temprano de la espasticidad con estimulación eléctrica. *Kwakkel* realizó un estudio sobre 80 pacientes que sufrieron su primer episodio de ACV isquémico. *Wissel* trabajó sobre un total de 92 pacientes, 8 de ellos en su segundo episodio post ACV con leve grado de secuela en un miembro superior desde el primer *stroke*. El objetivo de *Kwakkel* fue determinar si la aplicación intensiva de rehabilitación y estimulación eléctrica dentro de las primeras semanas post ictus reducía los tiempos de recuperación y los grados de discapacidad. *Wissel* encontró un aumento notorio de los niveles de espasticidad en 33 pacientes dentro de las primeras dos semanas, siendo las más afectadas las articulaciones del brazo, en el mismo plazo notó aumento del dolor, medido por la escala EVA. *Kwakkel* determinó que comenzando a rehabilitar dentro de ese período un 45% de los pacientes tratados recuperaron notablemente su capacidad funcional y disminuyó el dolor en la mayoría de ellos. Más de la mitad de los pacientes se reinsertó normalmente a la sociedad aunque un 20% mantuvo grados elevados de discapacidad luego de 2 meses. *Wissel* indicó que el tratamiento dentro de los primeros 20 días generó una disminución evidente en los grados de discapacidad y tomó en cuenta que los pacientes seguían con buena predisposición al tratamiento. Ambos autores concluyeron que el tratamiento temprano de la espasticidad combinando Kinesioterapia convencional y estimulación eléctrica mejora los resultados y acorta el tiempo de recuperación post ictus.(22, 29)

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Son numerosos los estudios que consideran la estimulación eléctrica funcional una terapia eficaz en el tratamiento de la espasticidad en sus diferentes etapas, sin embargo, *Lin*, *Wissel* y *Kwakkel* coinciden en que el tratamiento con FES genera mejores resultados si es aplicado en las primeras semanas, ya que es cuando el cuadro se puede revertir con mayor facilidad y el paciente puede volver a aprender la forma adecuada de generar un movimiento.(2, 22, 29)

Modesto, Inobe, Knutson y ambos artículos de *Makowski* encontraron que el tratamiento con FES puede generar una recuperación motora significativa incluso en pacientes con ACV crónico y que a intensidades de estimulación entre 30-40 HZ, y un mínimo esfuerzo voluntario del paciente aumenta la capacidad funcional y el rango de movilidad articular, coinciden en que usar intensidades mayores de 40 HZ genera fatiga muscular y la estimulación se pierde venciendo las contracciones musculares reflejas.(8, 9, 20, 27, 28)

En contraposición *Weber* y *Hong* no encontraron modificaciones en la apertura de la mano espástica luego de aplicar la estimulación. *Weber* trabajó durante 12 semanas y manifestó que FES no generó cambios notorios en la función, ni en el dolor. *Hong* no encontró modificaciones en el metabolismo cerebral y tampoco en la apertura de la mano habiendo investigado la retroalimentación sensorial producida con FES. (5, 25)

Varios autores coincidieron en que la información sensorio motora generada por FES aporta beneficios en la recuperación de la mano generando estímulos en sectores corticales compensatorios capaces de responder. También están de acuerdo en que la terapia con FES debe complementar la rehabilitación y tratamiento de fisioterapia tradicional y que se debe variar la intensidad según la tolerancia de cada paciente, teniendo en cuenta que se lograron resultados visibles trabajando con intensidades menores a 40 HZ.(2, 15, 26, 28, 29)

Se encontraron autores que concuerdan que FES puede reducir el tiempo necesario para la recuperación post ACV con respecto a la norma de rehabilitación.(2, 6, 8, 14, 29)

Weber y *Hong* no lo consideraron un tratamiento necesario, ya que incluso variando intensidades sus pacientes no lograron avances a nivel motor.(5, 25)

Barsi, Hong y *Yuan* trabajaron con un número reducido de pacientes por lo que concluyen que deben realizarse investigaciones más exhaustivas.(15, 25, 26)

En el presente estudio se considera que la estimulación eléctrica funcional como complemento de una buena rehabilitación que incluya fisioterapia puede generar cambios beneficiosos en la función de la mano espástica luego de sufrir un ACV. FES es una buena herramienta para ser utilizada en el tratamiento de la espasticidad, generando cambios a nivel cortical y previniendo la aparición de deformidades. Incluido dentro de un buen programa de rehabilitación que se ajuste a las necesidades particulares de cada paciente y su grado de discapacidad, tiene gran potencial para mejorar la función motora.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ferrante S, Pedrocchi A, Ferrigno G., Cicliung induced by functional electrical stimulation improves the muscular strength and the motor control of individuals with post acute stroke.pdf. Eur j Phys Rehabil Med. 2008;44:159-67.
2. Lin Z, Yan T. Long-term effectiveness of neuromuscular electrical stimulation for promoting motor recovery of the upper extremity after stroke. Journal of rehabilitation medicine. 2011;43(6):506-10.

3. Makowski NS, Knutson JS, Chae J, Crago P. Variations in neuromuscular electrical stimulation's ability to increase reach and hand opening during voluntary effort after stroke. Conference proceedings : Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society IEEE Engineering in Medicine and Biology Society Conference. 2012;2012:318-21.
4. Tarkka Ina M. Pk, Popovic Dejan V. functional electrical therapy for hemiparesis alleviates disability and enhances neuroplasty.pdf. The Tohoku journal of experimental medicine. 2011;225:71-6.
5. Weber DJ, Skidmore ER, Niyonkuru C, Chang CL, Huber LM, Munin MC. Cyclic functional electrical stimulation does not enhance gains in hand grasp function when used as an adjunct to onabotulinumtoxinA and task practice therapy: a single-blind, randomized controlled pilot study. Archives of physical medicine and rehabilitation. 2010;91(5):679-86.
6. Wenjuan wei LB, Jun Wang. A longitudinal study of hand motor recovery after subacute stroke a study combined FMRI with diffusion tensor imaging.pdf. Plos One. 2013;8(5):12.
7. 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; a journal of cerebral circulation. 2005;36(1):80-5.
8. Makowski N, Jayme Knudson Ph.D., Jhon Chae M.D.,. Interaction of post stroke voluntary effort and functional neuromuscular electrical stimulation.pdf. National Institute of Health. 2013;50(1):85-98.
9. Makowski NS, Knutson JS, Chae J, Crago P. Neuromuscular electrical stimulation to augment reach and hand opening after stroke. Conference proceedings : Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society IEEE Engineering in Medicine and Biology Society Conference. 2011;2011:3055-8.
10. Tanovic E. Effects of functional electrical stimulation in rehabilitation with hemiparesis patients.pdf. Bosnian JBasic Medical Sciences. 2009;9(1):49-53.
11. Nebojsa M.Malesevic LZPM, Vojin Ilic,. A multi pad electrode based functional electrical stimulation system for restoration of grasp.pdf. J Neuroengineering and rehabilitation. 2012:12.
12. Hara Y. Neurorehabilitation with new functional electrical stimulation for hemiparetic upper extremity in stroke patients.pdf. J Nippon Med Sch,. 2008;75(1):14.
13. Kesar T, Chou LW, Binder-Macleod SA. Effects of stimulation frequency versus pulse duration modulation on muscle fatigue. Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology. 2008;18(4):662-71.
14. Bajd T, Munih M. Basic functional electrical stimulation (FES) of extremities: an engineer's view. Technology and health care : official journal of the European Society for Engineering and Medicine. 2010;18(4-5):361-9.
15. Barsi GI, Popovic DB, Tarkka IM, Sinkjaer T, Grey MJ. Cortical excitability changes following grasping exercise augmented with electrical stimulation. Experimental brain research. 2008;191(1):57-66.
16. Kesar T, Binder-Macleod S. Effect of frequency and pulse duration on human muscle fatigue during repetitive electrical stimulation. Experimental physiology. 2006;91(6):967-76.
17. Peckham PH, Knutson JS. Functional electrical stimulation for neuromuscular applications. Annual review of biomedical engineering. 2005;7:327-60.

18. Lindenberg R, Zhu LL, Schlaug G. Combined central and peripheral stimulation to facilitate motor recovery after stroke: the effect of number of sessions on outcome. *Neurorehabilitation and neural repair*. 2012;26(5):479-83.
19. Anderson CV, Fuglevand AJ. Probability-based prediction of activity in multiple arm muscles: implications for functional electrical stimulation. *Journal of neurophysiology*. 2008;100(1):482-94.
20. Knutson JS, Harley MY, Hisel TZ, Hogan SD, Maloney MM, Chae J. Contralaterally controlled functional electrical stimulation for upper extremity hemiplegia: an early-phase randomized clinical trial in subacute stroke patients. *Neurorehabilitation and neural repair*. 2012;26(3):239-46.
21. Schuhfried O, Crevenna R, Fialka-Moser V, Paternostro-Sluga T. Non-invasive neuromuscular electrical stimulation in patients with central nervous system lesions: an educational review. *Journal of rehabilitation medicine*. 2012;44(2):99-105.
22. Wissel J, Schelosky LD, Scott J, Christe W, Faiss JH, Mueller J. Early development of spasticity following stroke: a prospective, observational trial. *Journal of neurology*. 2010;257(7):1067-72.
23. Manterola C. ZD. Como interpretar los diferentes niveles de evidencia en los diferentes escenarios clínicos. *REV Chilena de Cirugia*. 2009.
24. Depto. de Epidemiología VP. Escala PEDro. *J Clinical Epidemiology*. 1998.
25. Hong IK, Choi JB, Lee JH. Cortical changes after mental imagery training combined with electromyography-triggered electrical stimulation in patients with chronic stroke. *Stroke; a journal of cerebral circulation*. 2012;43(9):2506-9.
26. Yuan B, Sun G, Gomez J, Ikemoto Y, Gonzarlez J, Murai C, et al. The effect of an auxiliary stimulation on motor function restoration by FES. *Journal of medical systems*. 2011;35(5):855-61.
27. Inobe J, Kato T. Effectiveness of finger-equipped electrode (FEE)-triggered electrical stimulation improving chronic stroke patients with severe hemiplegia. *Brain injury : [BI]*. 2013;27(1):114-9.
28. Modesto PC, FCGP. Comparison of functional electrical stimulation associated with kinesiotherapy and kinesiotherapy alone in patients with hemiparesis during the subacute phase of ischemic cerebrovascular accident. 2012.
29. Kwakkel G, Meskers CG, van Wegen EE, Lankhorst GJ, Geurts AC, van Kuijk AA, et al. Impact of early applied upper limb stimulation: the EXPLICIT-stroke programme design. *BMC neurology*. 2008;8:49.