



Original

Electroestimulación en el tratamiento de la mano hemipléjica espástica después de un ictus: estudio aleatorizado

Trinidad Sentandreu Mañó ^{a,*}, José Ricardo Salom Terrádez ^b, José Manuel Tomás ^c, Juan Carlos Meléndez Moral ^d, Trinidad de la Fuente Fernández ^b y Carlos Company José ^b

^a Escuela Universitaria de Fisioterapia, Universitat de València, Valencia, España

^b Servicio de Medicina Física y Rehabilitación, Hospital Universitario Doctor Peset, Valencia, España

^c Departamento de Metodología de las Ciencias del Comportamiento, Universitat de València, Valencia, España

^d Departamento de Psicología Evolutiva y de la Educación, Universitat de València, Valencia, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 31 de marzo de 2010

Aceptado el 26 de octubre de 2010

On-line el 22 de febrero de 2011

Palabras clave:

Estimulación eléctrica neuromuscular
Ictus
Rehabilitación
Hemiplejia
Espasticidad
Miembro superior

Keywords:

Neuromuscular electrical stimulation
Stroke
Rehabilitation
Hemiplegia
Spasticity
Upper limb

RESUMEN

Fundamento y objetivo: Se ha señalado que la estimulación eléctrica neuromuscular (EENM) puede favorecer la recuperación motora de la mano tras un ictus. El objetivo de este estudio se basó en examinar el efecto de un protocolo de electroestimulación sobre el rango articular y la fuerza de la mano de un grupo de pacientes mayores con hemiplejia espástica tras ictus.

Pacientes y método: Veinte pacientes mayores de 60 años con afectación de la mano tras ictus fueron asignados aleatoriamente a un grupo experimental (rehabilitación convencional y EENM) o un grupo control (rehabilitación convencional). La EENM se aplicó en los extensores de muñeca y dedos 30 minutos 3 días/semana durante 8 semanas. Las medidas de resultado incluyeron pruebas goniométricas y dinamométricas. Se evaluaron al inicio, y después de 4 y 8 semanas de tratamiento.

Resultados: Tras el tratamiento, el grupo experimental mostró mejoras significativas ($p < 0,05$) en el rango de movimiento (ángulo de reposo, extensión activa y extensión pasiva de la articulación de la muñeca, y ángulo de reposo de las articulaciones metacarpofalángicas de los dedos), así como en la fuerza de la mano (fuerza de prensión y pinza).

Conclusiones: Los cambios observados parecen estar asociados con la presencia de intervención y sugieren que el protocolo de EENM aplicado podría ser un útil complemento en el tratamiento rehabilitador para mejorar el déficit motor de la mano en pacientes cuidadosamente seleccionados después de un ictus.

© 2010 Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Electrical stimulation in the treatment of the spastic hemiplegic hand after stroke: a randomized study

ABSTRACT

Background and objective: It has been claimed that neuromuscular electrical stimulation (NMES) may enhance hand motor recovery after a stroke. The aim of this study was to examine the effect of an electrostimulation protocol on range of motion and strength of the hand in a group of elderly patients with spastic hemiplegia after a stroke.

Patients and method: 20 elderly patients 60 years old and over with hand impairment due to stroke were randomly assigned to either the experimental group (conventional rehabilitation and NMES) or control group (conventional rehabilitation). NMES was applied on wrist and finger extensors 30 min 3 days/week for 8 weeks. Outcome measurements included goniometry and dynamometry tests. The patients were evaluated at baseline, after 4 and 8 weeks of treatment.

Results: After the treatment, the experimental group showed significant improvements ($p < 0,05$) in range of motion: resting wrist angle, active wrist extension, passive wrist extension and resting metacarpophalangeal angle of fingers; and strength of hand: grip and pinch strength.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: trinidad.sentandreu@uv.es (T. Sentandreu Mañó).

Conclusion: The observed changes seem to be associated with the presence of intervention and they suggest that the NMES protocol applied could be a useful complementary rehabilitation treatment to improve hand motor impairment in carefully selected patients after a stroke.

© 2010 Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

El ictus es un importante problema sociosanitario¹. Cada año alrededor de 795.000 personas sufren un episodio², ocasiona un elevado número de ingresos hospitalarios y genera una gran demanda en los centros de atención primaria³. Además, supone una de las principales causas de morbimortalidad⁴ y se encuentra entre los motivos de incapacidad más importantes en la población mayor⁵. La incidencia del ictus aumenta con la edad; de hecho, en la mayoría de casos afecta a personas mayores de 65 años⁶ y debido al progresivo envejecimiento de la población se prevé un incremento de los cuidados sanitarios de estos pacientes⁵.

La enfermedad cerebrovascular es heterogénea y puede dar lugar a distintos cuadros clínicos. Ésta se asocia en muchas ocasiones a espasticidad y cambios en las propiedades de los tejidos⁷ debido a la inactividad muscular e inmovilidad articular. De entre las diferentes secuelas, la afectación de la mano es de las que más persisten tras el ictus⁸. Así, en la mano hemipléjica, estos cambios del sistema musculo-esquelético, junto con la propia alteración del tono muscular, pueden dar lugar a la posición típica de la mano en garra, dolor, disminución de la amplitud articular, dificultad al coger o soltar objetos, problemas en la higiene y el cuidado, alteraciones cutáneas, etc. Todos estos trastornos conllevarán una alteración de la funcionalidad del miembro superior y repercusión en la autonomía del paciente⁷.

Los distintos enfoques terapéuticos que abordan la hemiplejia espástica se centran principalmente en el tratamiento farmacológico, rehabilitador y, en algunos casos, quirúrgico⁷. En la actualidad, diferentes estrategias de rehabilitación destinadas a mejorar el déficit motor del miembro superior tras el ictus están basadas en la práctica repetitiva⁹. Entre ellas se encuentra la electroestimulación, que se propone como una técnica no invasiva¹⁰, de bajo coste, fiable y de fácil utilización¹¹, que podría ser beneficiosa en el reentrenamiento neuromuscular¹². Esta práctica ha sido foco de investigación por diversos autores, pero, a pesar de ello, en distintas revisiones se pone de manifiesto la necesidad de realizar más estudios para estandarizar un protocolo adecuadamente definido¹²⁻¹⁴, establecer los criterios de selección de los pacientes que más puedan beneficiarse de este tratamiento¹⁴ y determinar su eficacia^{12,14}. Asimismo, en distintos trabajos, las muestras evaluadas han sido heterogéneas en cuanto a la edad, y a pesar del enorme impacto que supone el accidente cerebrovascular (ACV) en las personas mayores, no se han encontrado estudios específicos dirigidos expresamente a esta población diana.

Por tanto, atendiendo a los antecedentes bibliográficos, se planteó realizar un estudio, cuyo objetivo fue evaluar el efecto de un protocolo de electroestimulación neuromuscular (EENM) con corriente rectangular bifásica simétrica sobre la amplitud articular y la fuerza de la mano, en un grupo de pacientes mayores con hemiplejia espástica tras ictus.

Pacientes y método

Diseño y población de estudio

El diseño del estudio fue experimental a simple ciego. Los pacientes no conocían el grupo de intervención. Se contó con la aprobación del Comité Ético de Investigación Clínica del Hospital Universitario Doctor Peset. Durante 2009 se valoraron 52 pacientes

mayores de 60 años con afectación de la mano por hemiparesia o hemiplejia espástica tras sufrir un ictus. De éstos, 20 sujetos reunieron los criterios de participación. Todos firmaron el consentimiento informado. Los criterios de inclusión fueron: presencia de hemiparesia o hemiplejia espástica causada por ACV, con afectación leve o moderada de la mano, edad igual o superior a 60 años, evolución no superior a 18 meses, puntuación igual o inferior a 4 en la escala modificada de Ashworth para flexores de muñeca y dedos, capacidad de extensión de muñeca de al menos 5° desde la posición de reposo, presencia de contracción muscular en los extensores de muñeca que indique movimiento al aplicar la EENM, estabilidad clínica, sin deterioro cognitivo y colaborador. Los criterios de exclusión comprendieron aquellas situaciones que pudiesen modificar los resultados de la investigación o suponer un riesgo para el paciente, como presencia de otras afecciones neurológicas, aplicación de toxina botulínica, enfermedad cardíaca descompensada, reacciones dermatológicas y otras.

Los pacientes seleccionados fueron incluidos de forma aleatorizada en dos grupos. Durante el estudio se produjeron 2 casos de abandono del tratamiento en el grupo control por una fractura tras caída y un fallecimiento, finalizando el tratamiento 8 participantes en el grupo control y 10 en el grupo experimental (n = 18). Ambos grupos fueron homogéneos en cuanto a la cuantificación previa del déficit neurológico y actividades de la vida diaria, pues tras las pertinentes pruebas t para muestras independientes en el pretest no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos para las variables: Escala Neurológica Canadiense, índice de Barthel y Miniexamen Cognoscitivo de Lobo.

Entre las características que describen la muestra, la edad media (DE) fue de 74,67 (6,8) años, 10 eran varones y 8 mujeres, con un IMC medio de 25,34 (2,78) kg/m². En relación al ictus, el tiempo de evolución medio desde la afectación hasta el inicio del estudio fue de 6,39 (3,27) meses y abarcó desde los 2 hasta los 15 meses. Cuatro pacientes presentaron un ACV de tipo hemorrágico y 14 isquémico, 6 pacientes mostraron afectación del hemicuerpo derecho y 12 del izquierdo. El total de la muestra refirió como lado dominante el derecho y 3 casos presentaron afasia ligera.

Medidas de resultado e instrumentos

Se utilizó un goniómetro universal para valorar la amplitud articular de la muñeca en su ángulo de reposo, extensión activa y extensión pasiva. La valoración del ángulo de reposo y extensión activa de las articulaciones metacarpofalángicas (MCF) de los dedos se realizó mediante un goniómetro especial de dedos de la marca JAMAR[®]. La posición de partida goniométrica fue con el paciente en sedestación, mano apoyada sobre la mesa, codo flexionado 90°, antebrazo en pronosupinación neutra y segmento desgravitado¹⁵.

La evaluación de la fuerza de prensión de la mano se realizó mediante un dinamómetro hidráulico de mano estandarizado marca JAMAR[®] (modelo 5030J1). También se utilizó un dinamómetro hidráulico de pinza digital estandarizado marca JAMAR[®] (modelo 7498-05) para valorar la fuerza de presa entre el pulgar y los dedos índice y medio. Las mediciones se tomaron con el paciente en sedestación, codo flexionado 90° con antebrazo y muñeca en posición neutra¹⁶. En ambas valoraciones se hicieron 3 repeticiones, dejándose un tiempo de descanso de 15 segundos, y se tomó el valor promedio.

Para la aplicación de la EENM se utilizó un equipo portátil marca Beac Medical IntelliSTIM[®] BE 28-E y electrodos de superficie autoadhesivos desechables marca En-Trode[®] de 50 x 50 mm.

Procedimiento

La muestra fue valorada en tres momentos temporales, al inicio del estudio, después de cuatro semanas y al finalizar las ocho semanas de tratamiento. Las mediciones fueron realizadas siempre por el mismo examinador con formación previa, por la mañana y en el mismo orden.

En cuanto al protocolo de tratamiento, el grupo control recibió el programa de rehabilitación convencional, formado por técnicas orientadas a la simetría postural, regulación del tono, flexibilización, equilibrio y reeducación de la marcha. A nivel de miembro superior comprendió estiramientos, movilizaciones, terapia manual y reeducación en las actividades de la vida diaria. Se realizaron de 2 a 3 sesiones semanales de 45 a 60 min por sesión, según las características de la afectación global.

El grupo experimental, además del tratamiento convencional rehabilitador, recibió EENM. El protocolo constó de corrientes de onda rectangular bifásica simétrica, frecuencia de 50 Hz y duración del impulso de 300 μ s. La intensidad aplicada fue aquella que permitió una máxima extensión de muñeca y dedos, siendo confortable para el paciente. En cuanto a los tiempos de contracción-relajación, las dos primeras semanas se utilizaron 5-25 s, la tercera 5-20 s, la cuarta 5-15 s, la quinta y sexta 5-10 s, y la séptima y octava semana 5-5 s. La rampa de ascenso y descenso de instauración de la corriente se estableció en un tiempo de 2 s durante la primera semana, y el resto del estudio se prefijó en 1 s. El tiempo de aplicación fue de 20 min las dos primeras sesiones, y el resto de 30 min. Los electrodos se colocaron sobre el vientre muscular de los extensores de muñeca y dedos, estimulando principalmente el extensor radial largo, el extensor radial corto y el extensor común de los dedos. Se trazó en la cara posterior del antebrazo una línea del epicóndilo humeral a la articulación de la muñeca, y ésta se dividió en tres partes, colocando aproximadamente un electrodo en el 1/3 proximal y el otro electrodo en el 1/3 distal hacia el borde posterolateral del antebrazo. Se buscó una buena respuesta extensora y se anotó mediante cinta métrica la colocación individual para su posterior reproducción. El paciente se situó en sedestación, antebrazo en pronación, con toalla debajo del antebrazo para partir de una ligera flexión de muñeca, y se le encomendó su participación activa mediante contracción voluntaria al sentir el estímulo. Se realizaron 3 sesiones semanales, durante un período de 8 semanas.

Se testó la aplicación de la EENM para descartar cualquier reacción anormal al paso de la corriente o al material utilizado. Esta primera prueba de comprobación consistió en aplicar el protocolo de EENM anteriormente citado durante 5 min (o tiempo inferior en caso de dolor o no tolerancia). Previa y posteriormente a la EENM se valoró el estado de la piel y la presencia de dolor. No se registraron efectos adversos. Se dio un alto grado de adherencia al tratamiento en ambos grupos.

Análisis estadístico

Se llevó a cabo un análisis descriptivo de las variables. Para la comparación de las medidas en los 3 momentos temporales y entre los sujetos de cada grupo se realizaron análisis de varianza mixtos 2 (grupo) x 3 (tiempo). La evaluación de la efectividad del tratamiento pasa por una evolución temporal en los grupos experimental y control, lo que estadísticamente se debe mostrar en la significatividad estadística de la interacción grupo x tiempo. Las distintas medidas empleadas cumplían razonablemente los supuestos paramétricos para la utilización del modelo de análisis

de la varianza. En todos los casos se consideró un resultado estadísticamente significativo si $p < 0,05$. Adicionalmente a la significación estadística, se calcularon medidas de tamaño del efecto, en concreto la proporción de varianza explicada estimada por eta-cuadrado (η^2) y adicionalmente las diferencias entre las medias del grupo experimental frente al control en el posttest, con su intervalo de confianza, corregidas por las puntuaciones en el pretest. Para el procesamiento de los datos y la aleatorización de los sujetos se utilizó el paquete de análisis estadístico SPSS[®] versión 17.0. El tipo de aleatorización fue sin restricciones por muestreo aleatorio simple.

Resultados

Los resultados que a continuación se presentan están estructurados en dos bloques que hacen referencia al efecto del tratamiento sobre la amplitud articular (de la muñeca y los dedos) y sobre la fuerza de la mano (prensión y pinza tridigital).

En relación al rango del movimiento articular de la muñeca, se observaron interacciones estadísticamente significativas en los tres momentos temporales tras la aplicación del tratamiento entre ambos grupos en el ángulo de reposo ($F = 6,10$; $p < 0,05$; $\eta^2 = 0,28$), con un aumento de $3,65^\circ$ del ángulo de reposo del grupo experimental frente al grupo control tras el tratamiento (intervalo de confianza del 95% [IC 95%] $-0,09-7,40$); extensión activa ($F = 4,73$; $p < 0,05$; $\eta^2 = 0,23$) con un aumento de $5,16^\circ$ del grupo experimental frente al grupo control tras el tratamiento (IC 95% $-2,61-18,93$); así como en la extensión pasiva ($F = 6,92$; $p < 0,01$; $\eta^2 = 0,30$) con un aumento de $9,18^\circ$ del grupo experimental frente al grupo control tras el tratamiento (IC 95% $4,99-13,86$). En la tabla 1 se presentan las medias y desviaciones estándar de estas mediciones en los tres momentos temporales. A la vista de la evolución temporal de las medias en los dos grupos, la mejora fue mayor en el grupo experimental en los tres casos.

En cuanto a la movilidad de las articulaciones MCF de los dedos, hubo una interacción estadísticamente significativa únicamente en la disminución de los grados de flexión en la posición de reposo entre ambos grupos ($F = 5,45$; $p < 0,05$; $\eta^2 = 0,25$). Tras el tratamiento, el ángulo de reposo del grupo experimental frente al control fue de $1,66^\circ$ (IC 95% $-10,54-13,86$). Las medias se presentan en la tabla 1 y muestran mejoría solamente en el grupo experimental. No se encontraron diferencias significativas en la extensión activa de las MCF de los dedos entre ambos grupos.

Tabla 1

Medias y desviaciones estándar de los valores significativos en el ANOVA ($p < 0,05$) correspondientes a los grados de la amplitud articular de la muñeca y las articulaciones metacarpofalángicas de los dedos para los tres momentos temporales.

	Momento temporal		
	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3
<i>Ángulo reposo muñeca</i>			
Grupo control	-5,00 (4,63)	-4,38 (4,17)	-5,00 (4,63)
Grupo EENM	-6,00 (5,16)	-2,00 (3,50)	-2,00 (3,50)
<i>Extensión activa muñeca</i>			
Grupo control	7,50 (2,67)	7,50 (2,67)	8,13 (3,72)
Grupo EENM	12,70 (5,83)	17,00 (8,88)	20,50 (10,66)
<i>Extensión pasiva muñeca</i>			
Grupo control	26,25 (5,83)	31,25 (5,83)	33,13 (4,58)
Grupo EENM	25,00 (7,82)	34,00 (6,15)	42,00 (5,38)
<i>Ángulo reposo MCF dedos</i>			
Grupo control	-35,63 (16,13)	-36,88 (15,10)	-35,00 (14,88)
Grupo EENM	-40,00 (15,99)	-36,50 (12,26)	-37,00 (12,07)

Desviaciones estándar entre paréntesis. EENM: estimulación eléctrica neuromuscular; MCF: articulaciones metacarpofalángicas.

Tabla 2

Medias y desviaciones estándar de los valores significativos en el ANOVA ($p < 0,05$) correspondientes a la fuerza de prensión y la fuerza de la pinza tridigital de la mano afectada en los tres momentos temporales.

	Momento temporal		
	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3
<i>Fuerza prensión</i>			
Grupo control	2,38 (1,72)	2,52 (1,91)	2,67 (1,99)
Grupo EENM	2,03 (1,03)	2,91 (1,45)	3,46 (2,01)
<i>Fuerza pinza tridigital</i>			
Grupo control	1,46 (1,52)	1,65 (1,77)	1,73 (1,64)
Grupo EENM	0,94 (1,01)	1,58 (1,23)	1,76 (1,07)

Desviaciones estándar entre paréntesis; unidad de medida de la fuerza en kgf. EENM: estimulación eléctrica neuromuscular.

Por lo que respecta a la fuerza de prensión de la mano, se observó que el grupo experimental obtuvo una ganancia de fuerza, mientras el grupo control permaneció estable ($F = 4,92$; $p < 0,05$; $\eta^2 = 0,24$), como puede consultarse en las medias de la tabla 2. Tras el tratamiento y con respecto al grupo control, los pacientes del grupo experimental aumentaron 1,25 kgf de fuerza de prensión (IC 95% -0,61-3,11).

Para finalizar, se encontró una interacción estadísticamente significativa en la ganancia de fuerza de la pinza tridigital de la mano afectada ($F = 7,39$; $p < 0,01$; $\eta^2 = 0,32$). A la vista de las medias de los dos grupos en los tres momentos temporales que se presentan en la tabla 2, se observa una mayor ganancia en el grupo experimental. Tras el tratamiento, la fuerza de la pinza tridigital de la mano aumentó 0,572 kgf en el grupo experimental frente al control (IC 95% -0,67-1,81).

Discusión

En cuanto al efecto del tratamiento, se han evaluado medidas de amplitud articular y fuerza, básicas para ejecutar en condiciones óptimas la prensión. Respecto al rango articular de movimiento, la efectividad se presenta como un tema controvertido. Así, hay diferentes autores, como Hara et al¹⁷, que presentaron, al igual que en este estudio, resultados favorables, mientras que otros como Powell et al¹⁸ no informaron de cambios sustanciales con respecto a esta variable. En relación a la fuerza, los resultados positivos de este estudio van en la misma línea que gran parte de trabajos similares que utilizaron pruebas dinamométricas^{19,20}. En contraposición, también existen otros^{18,21} que no presentaron beneficios tras la aplicación de la EENM.

La selección de la muestra podría jugar un papel importante en la consecución de resultados. Por este motivo, se realizó de forma exhaustiva la elección de los pacientes en base a estudios²² que apuntan a muestras con menor tiempo de evolución y otros^{14,23} que hacen mención a una mejor respuesta ante afectaciones menos severas y un mínimo movimiento activo residual. Otra de las características contempladas por un gran número de estudios es la no presencia de deterioro cognitivo, entre otras razones por la importancia de la participación activa del sujeto, como señalan algunos autores²⁴. Somos conscientes, no obstante, de que las restricciones en la selección de los pacientes produce el efecto de tamaño muestral reducido, lo que supone problemas para las pruebas estadísticas.

En los estudios revisados existe una gran variedad de protocolos en cuanto al tipo de corrientes excitomotoras, modalidades electroterápicas, musculatura estimulada, parámetros y duración. En esta investigación se aplicaron corrientes de baja frecuencia rectangulares bifásicas simétricas por sus características, como una buena tolerancia en la estimulación prolongada y los escasos riesgos al no tener los peligros de las formas polarizadas²⁵. Se estimuló la musculatura extensora de la muñeca y los dedos por ser

la musculatura antagonista a la espástica y el movimiento más dificultoso en la mano hemipléjica.

En cuanto a los parámetros de la EENM, se proponen diferentes combinaciones, e incluso hay autores que no los definen, lo hacen de forma incompleta o los adaptan según la confortabilidad y la respuesta del paciente. Se señala que su elección produce diferentes reacciones a nivel neurofisiológico, aunque no se ha podido constatar su relevancia clínica²⁶. Diferentes revisiones mencionan que no ha sido posible determinar qué parámetros son más eficaces por fallos en los diseños metodológicos o dificultad de comparación debido a la diversidad de variables^{12,13}, y también se ha señalado que los parámetros específicos de estimulación no parecen ser cruciales en el efecto de la EENM²⁶.

En relación a la frecuencia de estímulo, se cuestiona si está relacionada con un patrón determinado de activación de fibras²⁷ y las más utilizadas en la estimulación del miembro superior tras ictus oscilan entre los 20 y los 50 Hz²⁶. La duración del impulso varía según autores, aunque la orientación es que sean valores similares a la cronaxia muscular²⁷ y las más frecuentes son 200 y 300 μ s²⁶. La intensidad de la corriente a menudo no se cuantifica, ajustándose a la respuesta motora y a la tolerancia del paciente²⁶. Respecto a los ciclos de trabajo, se han seguido las directrices propuestas por Packman-Braun²⁸, que hace mención a que el menos fatigante para programas iniciales son tiempos de contracción-relajación de 5-25 s. En este estudio, tanto el tiempo de rampa como los ciclos de trabajo se modificaron durante el período de tratamiento para adaptar el entrenamiento de forma progresiva.

La duración del tratamiento varía mucho en los estudios, y autores como de Kroon et al²⁶ señalan que no existe una relación entre el efecto y la intensidad del tratamiento. Este planteamiento difiere de aquellos estudios donde se aplican varias sesiones al día e incluso con frecuencia diaria, pues se decidió llevar a cabo un programa que fuese factible en nuestro entorno real asistencial.

Se plantea si la edad puede influir en este punto, pues el envejecimiento se asocia con unos cambios a nivel muscular que podrían condicionar una respuesta diferente ante estímulos neuromusculares similares y justificaría la planificación de un protocolo adaptado a esta subpoblación específica. No se pueden aportar datos al respecto, pues no se han encontrado estudios en la misma línea que valoren los resultados según rangos específicos de edad.

Los mecanismos de actuación de la EENM en la mano hemipléjica espástica no están claros, a pesar de los progresos en las neurociencias en los últimos años. Algunas de sus características podrían ser determinantes, como la repetición, la realización del movimiento dificultoso, la propia contracción muscular, la participación activa del sujeto, la visualización de esta acción y la integración dentro del esquema corporal tras la lesión. Existen diversas hipótesis al respecto: unas se centran en las acciones a nivel local, como cambios en la fuerza muscular^{20,23}, modificación de las características viscoelásticas²³ y aumento del flujo sanguíneo²³, entre otras. Otras se relacionan con mecanismos a nivel del sistema nervioso central como: acción sobre las interconexiones del sistema nervioso¹³ (por ejemplo restauración de la inhibición presináptica, depresión del efecto de excitabilidad de las motoneuronas, acción sobre el reflejo de inhibición recíproca, etc.), retroalimentación sensitivo-motora¹⁷ (por la influencia de la entrada de aferencias sensitivas en el proceso motor) y neuroplasticidad²⁹ (por la acción del entrenamiento repetitivo sobre la corteza cerebral). A este respecto, hay estudios como el de Shin et al³⁰, que demostraron que tras 10 semanas de entrenamiento con EENM, pacientes tras ACV crónico presentaron mejoras en la funcionalidad de la mano y cambios en la activación cortical tras contrastar con pruebas de neuroimagen.

Así pues, pensamos que el protocolo de EENM planteado podría ser útil en la mejora de la movilidad y fuerza distal del miembro

superior, aunque se requieren futuros estudios con un mayor tamaño muestral para obtener más datos relacionados con su repercusión clínica y funcional, así como sus efectos a largo plazo. Esperamos que los constantes avances en la neurorrehabilitación aporten más referencias sobre la recuperación motora tras ictus, relacionadas con los mecanismos fisiológicos implicados y la existencia o no de cambios según el hemisferio cerebral afectado y la edad, información que nos permitiría un mejor enfoque práctico de este tipo de tratamiento.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Roquer J. Implicaciones del registro REACH para los neurólogos. *Med Clin (Barc)*. 2009;132 Suppl 2:30-3.
2. American Heart Association Statistics Committee, Stroke Statistics Subcommittee. Heart disease and stroke statistics 2009 Update. *Circulation*. 2009;119:e21-181.
3. Fernández J, Sicras A, Navarro R, Planas A, Soto J, Sánchez C, et al. Estimación de la prevalencia, incidencia, comorbilidades y costes directos asociados en pacientes que demandan atención por ictus en un ámbito poblacional español. *Rev Neurol*. 2008;46:397-405.
4. De Oliveira R, Cacho EW, Borges G. Post-stroke motor and functional evaluations: A clinical correlation using Fugl-Meyer Assessment Scale, Berg Balance Scale and Barthel Index. *Arq Neuropsiquiatr*. 2006;64:731-5.
5. Bermejo F, Iglesias P, Calleja P, Ruiz PM. Opinión sobre la organización asistencial en el ictus. Encuesta a directores médicos hospitalarios en España. *Rev Neurol*. 2009;48:395-9.
6. Rigau D, Álvarez J, Gil A, Abilleira S, Borrás FX, Armario P, et al. Guía de práctica clínica sobre la prevención primaria y secundaria del ictus. *Med Clin (Barc)*. 2009;133:754-62.
7. Vivancos F, Pascual SI, Nardi J, Miquel F, de Miguel I, Martínez MC, et al. Guía del tratamiento integral de la espasticidad. *Rev Neurol*. 2007;45:365-75.
8. Lai SM, Studenski S, Duncan PW, Perera S. Persisting consequences of stroke measured by the Stroke Impact Scale. *Stroke*. 2002;33:1840-4.
9. Hsieh Y, Wu C, Lin K, Chang Y, Chen C, Liu J. Responsiveness and validity of three outcome measures of motor function after stroke rehabilitation. *Stroke*. 2009;40:1386-91.
10. Díaz L, Arellano ME, del Valle MG, Miranda A, Rodríguez G, Montero A. Utilidad de la estimulación eléctrica neuromuscular posterior a la aplicación de toxina botulínica en niños con hemiparesia espástica. *Rev Mex Med Fis Rehab*. 2005;17:16-22.
11. Glanz M, Klawansky S, Stason W, Berkey C, Chalmers TC. Functional electrostimulation in poststroke rehabilitation: a meta-analysis of the randomized controlled trials. *Arch Phys Med Rehabil*. 1996;77:549-53.
12. Pomeroy VM, King L, Pollock A, Baily-Hallam A, Langhorne P.; 1. Electroestimulación para promover la recuperación del movimiento o la capacidad funcional después del accidente cerebrovascular (Revisión Cochrane traducida). En: La Biblioteca Cochrane Plus, 2008, Número 1. Oxford: Update Software Ltd. [Acceso 21/3/2008]. Disponible en: <http://www.update-software.com>.
13. Spaich EG, Tabernig CB. Estimulación eléctrica y espasticidad: Una revisión. *Rehabilitación (Madr)*. 2002;36:162-6.
14. De Kroon JR, van der Lee JH, Ijzerman MJ, Lankhorst GJ. Therapeutic electrical stimulation to improve motor control and functional abilities of the upper extremity after stroke: A systematic review. *Clin Rehabil*. 2002;16:350-60.
15. Pandyan AD, Powell J, Futter C, Granat MH, Stott DJ. Effects of electrical stimulation on the wrist of hemiplegic subjects. *Physiotherapy*. 1996;82:184-8.
16. Boissy P, Bourbonnais D, Carloti MM, Gravel D, Arseneault BA. Maximal grip force in chronic stroke subjects and its relationship to global upper extremity function. *Clin Rehabil*. 1999;13:354-62.
17. Hara Y, Ogawa S, Tsujiuchi K, Muraoka Y. A home-based rehabilitation program for the hemiplegic upper extremity by power-assisted functional electrical stimulation. *Disabil Rehabil*. 2008;30:296-304.
18. Powell J, Pandyan AD, Granat M, Cameron M, Stott DJ. Electrical stimulation of wrist extensors in poststroke hemiplegia. *Stroke*. 1999;30:1384-9.
19. Alon G, McBride K, Ring H. Improving selected hand functions using a non-invasive neuroprosthesis in persons with chronic stroke. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2002;11:99-106.
20. De Kroon JR, Ijzerman MJ, Lankhorst GJ, Zilvold G. Electrical stimulation of the upper limb in stroke: Stimulation of the extensors of the hand vs. alternate stimulation of flexors and extensors. *Am J Phys Med Rehabil*. 2004;83:592-600.
21. Chan MK, Tong RK, Chung KY. Bilateral upper limb training with functional electric stimulation in patients with chronic stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2009;23:357-65.
22. Meilink A, Hemmen B, Seelen HAM, Kwakkel G. Impact of EMG-triggered neuromuscular stimulation of the wrist and finger extensors of the paretic hand after stroke: A systematic review of the literature. *Clin Rehabil*. 2008;22:291-305.
23. Ring H, Rosenthal N. Controlled study of neuroprosthetic functional electrical stimulation in sub-acute post-stroke rehabilitation. *J Rehabil Med*. 2005;37:32-6.
24. Hara Y, Ogawa S, Muraoka Y. Hybrid power-assisted functional electrical stimulation to improve hemiparetic upper-extremity function. *Am J Phys Med Rehabil*. 2006;85:977-85.
25. Rioja J. Electroterapia de baja frecuencia: Actualizaciones en lo concerniente al efecto excitomotor. *Rehabilitación (Madr)*. 1995;29:274-80.
26. De Kroon JR, Ijzerman MJ, Chae J, Lankhorst G, Zilvold JG. Relation between stimulation characteristics and clinical outcome in studies using electrical stimulation to improve motor control of the upper extremity in stroke. *J Rehabil Med*. 2005;37:65-74.
27. Coarasa A, Moros T, Marco C, Comín M. Variación de parámetros de electroestimulación con corrientes bifásicas de baja frecuencia y fuerzas evocadas. *Rehabilitación (Madr)*. 2001;35:287-94.
28. Packman-Braun R. Relationship between functional electrical stimulation duty cycle and fatigue in wrist extensor muscles of patients with hemiparesis. *Phys Ther*. 1988;68:51-6.
29. Chae J, Bethoux F, Bohinc T, Dobos L, Davis T, Friedl A. Neuromuscular stimulation for upper extremity motor and functional recovery in acute hemiplegia. *Stroke*. 1998;29:975-9.
30. Shin HK, Cho SH, Jeon H, Lee YH, Song JC, Jang SH, et al. Cortical effect and functional recovery by the electromyography-triggered neuromuscular stimulation in chronic stroke patients. *Neurosci Lett*. 2008;442:174-9.