

Electroestimulación funcional para miembros superiores tras el accidente cerebrovascular: una revisión sistemática

Functional electrostimulation for upper limbs after stroke: a systematic review

Juan David Hernández Niño, Karina Pitombeira Pereira Pedro, Irimia Mollinedo Cardalda, Iris Machado de Oliveira
Universidad de Vigo, España

Resumen. Introducción: el accidente cerebrovascular o ictus es un trastorno circulatorio cerebral cuya incidencia en España es de 186,9 casos/100.000 habitantes cada año. El ictus provoca un déficit neurológico focal de inicio brusco que puede provocar una hemiparesia con alteraciones motoras, cognitivas y sensitivas, entre otras. Dentro de las técnicas de fisioterapia empleadas, se encuentra la electroestimulación funcional (FES). Objetivo: analizar la evidencia científica sobre los efectos de la electroestimulación funcional en los miembros superiores tras el ictus. Método: se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos PubMed, Medline y Cinahl empleando los términos del *Medical Subject Headings* «Stroke», «Electric Stimulation» y «Upper Extremity» y la palabra clave «Electrical Stimulation, Functional». Resultados: tras aplicar los criterios de inclusión y de exclusión se obtienen 14 estudios que aplican la FES en el miembro superior. La mayoría de los estudios centran su atención en la mejora de la fuerza, del rango de movimiento, de la espasticidad y del tono muscular, del grado de discapacidad, del desarrollo de las actividades de la vida diaria, del dolor y de la escala *Fugl Meyer Assessment for Upper Limbs* (FMA-UL). Conclusión: la FES parece conseguir beneficios frente a la rehabilitación convencional especialmente en los resultados de la escala FMA-UL. Con relación al resto de variables, aunque parecen observarse algunos beneficios, se necesitan más investigaciones con mayor calidad metodológica y con criterios comunes de medición, tanto en una fase temprana como en una crónica tras el ictus para poder establecer una tendencia de respuesta.

Palabras clave: Electroestimulación funcional; Miembros superiores; Accidente cerebrovascular; Modalidades de fisioterapia; Pacientes.

Abstract. Introduction: a cerebrovascular accident or stroke is a cerebral circulatory disorder whose incidence in Spain is 186.9 cases/100,000 inhabitants each year. Stroke causes a sudden-onset focal neurological deficit that can cause hemiparesis with motor, cognitive and sensory alterations, among others. Functional electrostimulation (FES) is one of the physiotherapy techniques used. Objective: to analyse the scientific evidence on the effects of functional electrostimulation in the upper limbs after stroke. Methods: a bibliographic search was carried out in the PubMed, Medline and Cinahl databases using the Medical Subject Headings terms «Stroke», «Electric Stimulation» and «Upper Extremity» and the keyword «Electrical Stimulation, Functional». Results: after applying the inclusion and exclusion criteria, 14 studies were obtained that applied the FES in the upper limb. Most studies focus on improving strength, range of motion, spasticity and muscle tone, the degree of disability, the development of activities of daily living, pain and the *Fugl Meyer Assessment for Upper Limbs* scale (FMA-UL). Conclusion: FES seems to achieve benefits compared to conventional rehabilitation, especially in the results of the FMA-UL scale. Regarding the rest of the variables, although some benefits seem to be observed, more research is needed with higher methodological quality and with common measurement criteria, both in an early phase and in a chronic phase after the stroke to establish a response trend.

Keywords: Functional electrostimulation; Upper limbs; Stroke; Physical Therapy Modalities; Patients.

Introducción

El accidente cerebrovascular (ACV) o ictus es un trastorno circulatorio cerebral que ocasiona una alteración transitoria o mantenida de la función de una o varias partes del encéfalo (Ustrell-Roig & Serena-Leal, 2007). También es la patología neurológica más común y debilitante en adultos, siendo de las primeras causas de discapacidad en el mundo (Awad et al., 2016; Ghaffari et al., 2021; Muñoz Boje & Calvo-Muñoz, 2018). La incidencia del ictus en España es de 186,9

casos/100.000 habitantes al año, siendo inferior que la europea (190,3 casos/100.000 habitantes al año) (Domínguez Ferraz & Grau Pellicer, 2011).

Algunos de sus factores de riesgo más importantes son la hipertensión arterial, los antecedentes de enfermedad cardíaca, el tabaquismo, la dislipemia, el ACV previo, la diabetes mellitus y la fibrilación auricular (Castro-Jiménez, 2022; Insaurralde et al., 2016). Además, la incidencia del ictus aumenta con la edad, afectando sobre todo a personas mayores de 65 años (Sentandreu Mañó et al., 2011).

En función de su naturaleza, el ictus puede ser de tipo isquémico, debido a una falta del aporte sanguíneo

a una determinada zona del parénquima encefálico, o bien hemorrágico, debido a la rotura de un vaso sanguíneo encefálico provocando la extravasación de sangre fuera del lecho vascular (Ustrell-Roig & Serena-Leal, 2007). El ictus hemorrágico presenta complicaciones más altas de morbilidad, pero es el de tipo isquémico el más frecuente, abarcando el 85% de los ACV (Benavides Bautista et al., 2018; Ustrell-Roig & Serena-Leal, 2007).

Tras el ictus, se produce un déficit neurológico focal de inicio brusco (Blanco González et al., 2011) que puede acabar provocando una hemiparesia (García Carrasco & Aboitiz Cantalapiedra, 2016). Esta puede cursar con alteraciones motoras, cognitivas y sensitivas, afectación en el rango articular, alteraciones en el tono muscular, en la integración sensorial, contracturas, dolor, infecciones de vejiga, pérdida de la capacidad cardiovascular y cambios en los tejidos debidos a una menor actividad muscular (Blanco González et al., 2011; Domínguez Ferraz & Grau Pellicer, 2011; García Carrasco & Aboitiz Cantalapiedra, 2016; Park et al., 2014; Popović, 2014; Sentandreu Mañó et al., 2011). En el caso del miembro superior (MS), se puede dar lugar a la mano en garra, y a una pérdida de la funcionalidad de esta extremidad, por lo que las actividades de la vida diaria (AVD) del paciente se pueden ver afectadas (Park et al., 2014; Sentandreu Mañó et al., 2011).

En un cerebro adulto normal, el sistema nervioso central (SNC) tiene la capacidad de generar cambios estructurales y consecuentemente funcionales tras una lesión, por lo que el SNC podría llegar a compensar algunos déficits funcionales tras un ictus (Braun et al., 2009; Ward, 2005). Los principales enfoques terapéuticos se centran en el farmacológico, en la fisioterapia y en algunos casos, el quirúrgico (Sentandreu Mañó et al., 2011). En el tratamiento fisioterapéutico de neurorrehabilitación destacan algunas técnicas como el reentrenamiento neuromuscular, la observación de patrones de movimiento, la terapia por restricción del lado sano, el movimiento bilateral, la facilitación del movimiento a través de espejos,

el uso de la realidad virtual, la robótica, la evocación mental y la electroestimulación (Campo-Prieto et al., 2020; García Carrasco & Aboitiz Cantalapiedra, 2016; Hara, 2015; Mollinedo Cardalda et al., 2022; Sentandreu Mañó et al., 2011). Esta última técnica, puede suponer una mejora en la neuroplasticidad durante la rehabilitación posterior al ictus, ya que, aunque estos efectos siguen en investigación, se cree que pueden ocasionar cambios en la actividad sináptica, en la expresión de los genes, además de un aumento de los niveles de neurotransmisores, receptores y neurotrofinas (Hara, 2015).

Dentro de esta línea terapéutica, la electroestimulación funcional (FES) se define como la aplicación de la estimulación eléctrica para la generación de movimiento funcional, provocando cambios en la excitabilidad y organización cortical a través de cargas eléctricas que generan potenciales de acción en vías aferentes y eferentes produciendo activación muscular (Awad et al., 2016; Popović, 2014). La FES suele aplicarse con sistemas de estimulación de superficie o con dispositivos implantables (Popović, 2014), aunque para estos últimos modelos, apenas se encuentran investigaciones al respecto.

Por todo ello el objetivo de esta revisión sistemática fue analizar la evidencia científica sobre los efectos de la FES en los miembros superiores tras el accidente cerebrovascular, centrándose en el modelo más común de abordaje, por lo que, aunque sería interesante investigar sobre ello, las intervenciones con dispositivos implantados no serán incluidas.

Material y Método

Durante los meses de enero y febrero del 2021 se realizó un proceso de búsqueda bibliográfica en las bases de datos PubMed, Medline y Cinahl. Para este proceso se emplearon los términos del *Medical Subject Headings* «Stroke», «Electric Stimulation» y «Upper Extremity» a la vez que la palabra clave «Electrical Stimulation, Functional». Combinándolos con el operador booleano «AND», se formaron las ecuaciones de búsqueda expuestas en la Tabla 1.

Tabla 1
Bases de datos, términos y ecuaciones de búsqueda

Base de datos	Términos	Ecuación de Búsqueda
Pubmed	“Stroke”, “Electric Stimulation”, “Upper Extremity”.	((“Stroke”[Mesh]) AND “Electric Stimulation”[Mesh]) AND “Upper Extremity”[Mesh]
	“Stroke”, “Electrical Stimulation, Functional”, “Upper Extremity”.	(“Stroke”[Mesh] AND “Electrical Stimulation, Functional”) AND “Upper Extremity”[Mesh]
Medline	“Stroke”, “Electric Stimulation”, “Upper Extremity”.	(MH “Stroke”) AND (MH “Electric Stimulation”) AND (MH “Upper Extremity”)
	“Stroke”, “Electrical Stimulation, Functional”, “Upper Extremity”.	(MH “Stroke”) AND “Electrical Stimulation, Functional” AND (MH “Upper Extremity”)
Cinahl	“Stroke”, “Electric Stimulation”, “Upper Extremity”.	(MH “Stroke”) AND (MH “Electric Stimulation”) AND (MH “Upper Extremity”)
	“Stroke”, “Electrical Stimulation, Functional”, “Upper Extremity”.	(MH “Stroke”) AND (MH “Electrical Stimulation, Functional”) AND (MH “Upper Extremity”)

MH: término del *medical subject headings* o descriptor en ciencias de la salud.

Para la selección de los artículos analizados en esta revisión sistemática, se tuvieron en cuenta los criterios de inclusión y de exclusión expuestos en la Tabla 2.

Tabla 2
Criterios de inclusión y de exclusión

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Artículos publicados en los últimos 5 años.	Que se experimentase con animales.
Que los estudios sean ensayos clínicos aleatorizados.	Que el estudio no se ajuste a los objetivos del estudio.
Que el idioma de redacción del estudio sea el inglés o el castellano.	Que el estudio esté repetido con relación a alguna de las búsquedas previas.
Que hubiese acceso al texto completo del estudio.	

Además, la calidad metodológica de los estudios incluidos en esta revisión sistemática ha sido valorada con la escala PEDro (PEDro Database, 2012). Esta escala ha sido diseñada para facilitar la identificación de los ensayos que tienden a ser válidos internamente y a tener suficiente información estadística para guiar en la toma de decisiones. Se compone de 11 ítems, dentro de los cuales el primero no puntúa, por lo que la puntuación máxima sería de 10 y la mínima de cero (PEDro Database, 2012). Entre nueve y 10 puntos se considera una calidad metodológica excelente, entre seis y ocho se habla de una buena calidad metodológica, entre cuatro y cinco la calidad metodológica se describe como aceptable y por debajo de 4 existe una falta de calidad metodológica (Pribicevic et al., 2011).

Resultados

Por lo tanto, aplicando los criterios expuestos en la Tabla 2 a los resultados encontrados mediante las ecuaciones de búsqueda de la Tabla 1, resultaron 14 (Biasiucci et al., 2018; Demir et al., 2018; Fletcher-Smith et al., 2019; Jang et al., 2016; Jonsdottir et al., 2017; Kim et al., 2016; Knutson

et al., 2016; Marquez-Chin et al., 2017; Mathieson et al., 2018; Menezes et al., 2018; Salazar et al., 2020; Wilson et al., 2016; Zheng et al., 2019; Zhou et al., 2017) estudios válidos. En la Figura 1, se presenta un diagrama de flujo que explica el proceso de búsqueda llevado a cabo en las bases de datos mencionadas previamente.

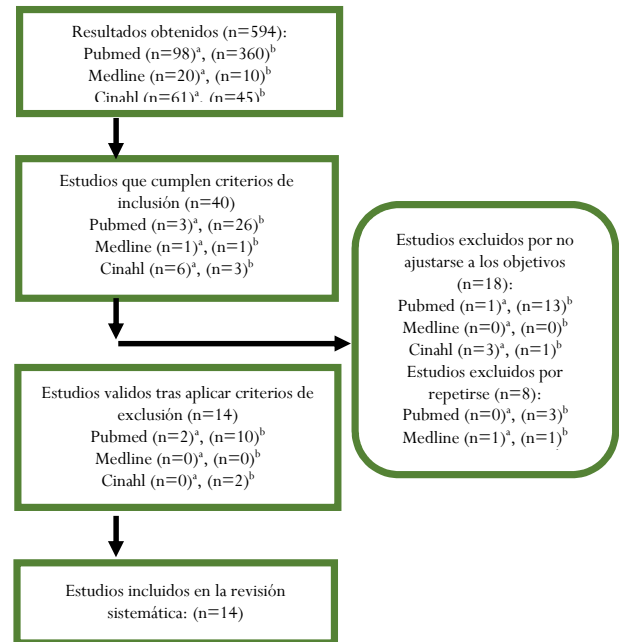


Figura 1. Diagrama de flujo. ^a resultados obtenidos mediante la primera ecuación de búsqueda expuesta en la Tabla 1 de cada base de datos. ^b resultados obtenidos mediante la segunda ecuación de búsqueda expuesta en la Tabla 1 de cada base de datos

Los resultados de los estudios se encuentran descritos de manera sintetizada en las Tablas 3 y 4, mientras que en la Tabla 5 se describe la calidad metodológica de los mismos empleando la escala PEDro (PEDro Database, 2012).

Tabla 3
Características principales de los estudios

Autores	Año de publicación	Objetivo del estudio	Aleatorización	Cálculo del tamaño de la muestra	Estadio del ictus	Intervención y características de los grupos	Pérdidas
Salazar et al. (Salazar et al., 2020)	2019	Investigar el efecto de la ETCC y la FES en el MS para el movimiento y la calidad de este	Sí, en bloques de 4 o 6 personas mediante un programa de ordenador	Sí	Más de 6 meses tras el ACV	G1: ETCC + FES (15pac, 5M, 60a) G2: ETCC s + FES (15pac, 5M, 56a)	No hubo
Zheng et al. (Zheng et al., 2019)	2019	Investigar la efectividad de la CC-FES comparada con la FES en MS para extensión de muñeca.	Sí, mediante un programa de ordenador	Sí	Entre 7 u 8 días tras el ACV	G1: CC-FES (21pac, 6M, 63.38a) G2: FES (20pac, 3M, 61.35a)	4 del G1 y 5 del G2 en T1
Biasiucci et al. (Biasiucci et al., 2018)	2018	Investigar si la BCI-FES puede producir una recuperación funcional mayor que la FES	Sí.	No	Mínimo 10 meses tras el ACV	G1: BCI-FES (14pac, 8M, 56, 36 a) G2: FES s (13pac, 3M, 59a)	1 del G1 y 1 del G2 en T2
Fletcher-Smith et al. (Fletcher-Smith et al., 2019)	2019	Investigar el efecto de la FES en flexores y extensores de muñeca para prevenir contracturas y dolor muscular	Sí, con un servicio telefónico de aleatorización	No	Primeras 72 horas tras el ACV	G1: FES (20pac, 13M, 75a) GC: RC (20pac, 7M, 67a)	2 del G1 y 3 del GC en T1; 8 del GC en T2; 3 del G1 y 10 del GC en T3
Jang et al. (Jang et al., 2016)	2016	Investigar los efectos del BCI-FES en las mejoras funcionales y estructurales del MS	Sí, con un programa de ordenador	No	Primeros 6 meses tras el ACV	G1: BCI-FES (10pac, 4M, 61.10a) G2: FES (10pac, 6M, 61.70a)	1 del G1 y 2 del GC en T1
Jonsdottir et al. (Jonsdottir et al., 2017)	2017	Investigar los efectos de la EMG-FES en los músculos paréticos del MS	Sí	Sí, pero no se cumple	Más de 1 mes tras el ACV	G1: EMG-FES (32pac, 19M, 68.3a) GC: RC (36pac, 20M, 67.7a)	6 del G1 y 8 del GC en T1; 13 del G1 y 12 del G2 en T2
Kim et al. (Kim et al., 2016)	2016	Investigar si el EOA + BCI-FES tiene efectos positivos en la recuperación del MS parético	Sí, generada por ordenador	No	Menos de 1 año tras el ACV	G1: BCI-FES (15pac, 9M, 59.07a) GC: RC	2 del G1 y 2 del GC en T1

Knutson et al. (Knutson et al., 2016)	2016	Comparar la eficacia de la CC-FES con la FES en la mejora del parético	Sí, empleando un procedimiento de tratamiento adaptativo.	Sí	Más de 6 meses tras el ictus	G1: CC-FES (40pac, 14M, 55.4a) G2: FES (40pac, 15M, 56.3a)	8 del G1 en T1; 2 del G1 y 3 del G2 en T2; 2 del G1 y 4 del G2 en T3
Marquez-Chin et al. (Marquez-Chin et al., 2017)	2017	Evaluar la eficacia de la FES para mejorar el alcance y agarre del MS parético	Sí, sobres cerrados y barajados mediante un programa informático	No	Entre 15 y 57 días tras el ACV	G1: FES (10pac, 3M, 51a) GC: RC (11pac, 5M, 65a)	2 en total
Menezes et al. (Menezes et al., 2018)	2018	Investigar los efectos de la ESPR, ESPR + ETCC, o ETCC como terapias complementarias a la FES en el MS parético	Sí, mediante un programa informático	Sí	Más de 6 meses tras el ACV	G1: ESPR act + ETCC act G2: ESPR act + ETCC s G3: ESPR s + ETCC act G4: ESPR s + ETCC s (20pac, 7M, 56.6a)	2 en total
Wilson et al. (Wilson et al., 2016)	2016	Comparar la eficacia de la FES con la de la EMG-FES y la SS en el MS parético	Sí, mediante un programa informático	Sí	Menos de 6 meses tras el ACV	G1: FES (39pac, 46.2%M, 55a) G2: EMG-FES (41, 41.4%M, 58.6a) G3: SS (42, 38.1%M, 55.8a)	4 del G1, 4 del G2 y 5 del G3 en T1; 8 del G1, 11 del G2 y 7 del G3 en T2
Zhou et al. (Zhou et al., 2017)	2017	Comparar los efectos de la CC-FES frente a la FES en el MS parético	Sí, mediante un programa informático	Sí	Estadio subagudo	G1: CC-FES (18pac, 5M, 50.9a) G2: FES (18pac, 6M, 56.9a)	4 del G1 y 2 del G2 en T1
Demir et al. (Demir et al., 2018)	2018	Investigar los efectos de la FES en la recuperación funcional tras el ACV	Sí, mediante un programa informático	No	Entre 3 meses y 3 años tras el ACV	G1: FES (9pac, 6M, 52.3a) GC: RC (8pac, 3M, 52.6a)	5 del G1 y 7 del GC en T1
Mathieson et al. (Mathieson et al., 2018)	2018	Examinar el efecto de la FES combinada con TE.	Sí	No	No se menciona	G1: FES (12pac, 5M, 72.42a) G2: TE (15pac, 9M, 66.07a) G3: FES + TE (23pac, 10M, 73.35a)	2 del G2 en T1

a: años. act: terapia activa. ACV: accidente cerebrovascular. BCI-FES: electroestimulación funcional controlada por un electroencefalograma conectado a un ordenador. CC-FES: electroestimulación funcional controlada contralateralmente. EMG-FES: electroestimulación funcional controlada por electromiografía. EOA: entrenamiento observacional de la acción. ESPR: estimulación sensorial nerviosa periférica repetitiva. ETCC: estimulación transcranial con corriente continua. FES: electroestimulación funcional. GC: grupo control. GI: grupo intervención. G1: grupo 1. G2: grupo 2. M: mujeres en el grupo. pac: paciente. RC: rehabilitación convencional. s: terapia simulada. SS: estimulación sensorial. TE: terapia espejo. T1: medición realizada al final de la intervención. T2: medición realizada en el primer seguimiento del estudio. T3: medición realizada en el último seguimiento del estudio.

Tabla 4

Características principales de los estudios (continuación)

Autor	Duración de la FES	Localización de la aplicación	Parámetros aplicados de la FES	Tto. Compl.	Principales variables e instrumentos de medición	Momentos de las evaluaciones	Resultados en los grupos	Resultados entre los grupos
Salazar et al. (Salazar et al., 2020)	5 días por semana en sesiones de 30 min durante 2 semanas	Deltoides anterior, serrato anterior, tríceps braquial y extensores de muñeca del MS afectado	40Hz, 300µs, Imáx tolerada, 6/8 s de ON, el doble de OFF. 2 s de aceleración y deceleración.	Fisioterapia convencional + ETCC o ETCC simulada	Fuerza de agarre (dinamómetro Jamar), discapacidad del MS (FMA-UL)	T0: 2 días previos a la intervención. T1: 1 día después de la intervención	El G1 mejora significativamente la fuerza de agarre y ambos grupos mejoran la discapacidad del MS en T1	Hubo diferencias significativas en la fuerza de agarre a favor del G1
Zheng et al. (Zheng et al., 2019)	5 días a la semana, 2 sesiones de 20 min al día durante 2 semanas	Puntos motores de los músculos extensores de la muñeca del MS afectado	35Hz, 40mA, 15 s ON, 15 OFF, 1 s de aceleración y deceleración	Fisioterapia convencional	ROM a de extensión de muñeca (goniómetro), fuerza del extensor del carpo (PMM), deterioro del MS (FMA-UL), función de la mano (JHFT) y desarrollo de las AVD (IBm)	T0: al inicio de la intervención. T1: al final de la intervención	No se mencionan	El G1 presenta mejoras significativas frente al G2 en todas las variables mencionadas.
Biasiucci et al. (Biasiucci et al., 2018)	2 veces a la semana en 1 hora durante 5 semanas	En el extensor común de los dedos del MS afectado	16-25Hz, 10-500µs, 10-25mA, 1s de aceleración y 1 s a la máxima duración de impulso	Fisioterapia convencional	Cambio en FMA-UL, fuerza del extensor común de los dedos (MRC), espasticidad (MAS) y discapacidad general (ESS)	T0: antes de la intervención. T1: al final de la intervención. T2: 6 meses tras la intervención. T3: 12 meses tras la intervención	Mejoras significativas en el G1 para la FMA-UL y el MRC en T1, manteniendo los resultados en T2 y T3.	El G1 obtiene resultados significativamente mejores que el G2 para la FMA-UL y la MRC.
Fletcher-Smith et al. (Fletcher-Smith et al., 2019)	5 días a la semana en sesiones de 30 minutos durante 3 meses	Puntos motores de los extensores y flexores de muñeca del MS afectado	40-60Hz, 450µs, Imáx de 100mA	Fisioterapia convencional	Independencia en las AVD (IB), dolor en el MS afectado (SPIN), espasticidad (Malhotra et al. ³²), Función del brazo (ARAT)	T0: antes de la intervención. T1: final de la intervención. T2: 6 meses después de la intervención. T3: 12 meses después de la intervención	Mejoras en el IB, SPIN, ARAT y en la espasticidad del MS para ambos grupos. No hay análisis estadístico.	No se mencionan
Jang et al. (Jang et al., 2016)	5 sesiones por semana de 30 minutos durante 6 semanas	Músculo supraespinoso y deltoides posterior del MS afectado	35Hz, 150µs, 1-50mA, 15s ON, 7s OFF, 0,5s de aceleración	Fisioterapia convencional y terapia ocupacional	Dolor (EVA), espasticidad (MAS), funcionalidad (PFM)	T0: antes de la intervención. T1: al finalizar la intervención. T2: 6 semanas tras la intervención	Mejoras significativas para ambos grupos en la EVA y en la PFM (no se menciona cuando)	Diferencias significativas a favor del G1 para la PFM en la abducción y aducción de hombro
Jonsdottir et al. (Jonsdottir et al., 2017)	5 sesiones a la semana de 20 minutos durante 5 o 6 semanas hasta completar 25 sesiones	Extensores de muñeca y deltoides anterior del MS afectado	No se describen	Fisioterapia convencional	Nivel funcional corporal (ARAT), estado neurológico (FMA-UL), dolor percibido (EVA) y discapacidad del MS (DASH)	T0: inicio de la intervención. T1 y T2, 2 y 4 semanas después. T3 al final de la intervención y T4 5 semanas después	Mejoras significativas en ambos grupos en T3 para la FMA-UL, la EVA y el DASH. Los resultados de la FMA-UL se mantienen en T4	Diferencias significativas entre los grupos para la FMA-UL a favor del GI

Kim et al. (Kim et al., 2016)	5 sesiones a la semana de 30 minutos durante 4 semanas	Músculos extensores de la muñeca del MS afectado	60Hz, 150µs, 20-27mA, 15s ON, 3s OFF, 0.5s de aceleración y 0.5s de bajada	Fisioterapia convencional	Función motora (FMA-UL), actividad motora en 30 AVD (MAL), grado de independencia (IBm) y ROM de muñeca (goniómetro digital)	T0: inicio de la intervención. T1 al final de la intervención.	Ambos grupos mejoran significativamente en todas las variables en T1	Diferencias significativas entre los grupos para todas las variables a favor del GI. También en las sub-puntuaciones de la FMA-UL del hombro y muñeca a favor del GI.
Knutson et al. (Knutson et al., 2016)	10 sesiones a la semana de 50 minutos durante 12 semanas	Extensores de los dedos, muñeca y pulgar para provocar la apertura de la mano del MS afectado	35Hz, 0-250µs, 40mA. 6s ON, 20s OFF. G2: 1s de aceleración	Fisioterapia convencional	Capacidad funcional del MS (AMAT) y grado de discapacidad del MS (FMA-UL)	T0: inicio de la intervención. T1, T2, T3 cada 3 semanas. T12 al final de la intervención. T5, T6 y T7, transcurridos 2,4 y 6 meses tras la intervención	Mejoras significativas para ambos grupos en T7 para el FMA-UL. Tan solo el GI mejora en el AMAT	No hay diferencias significativas para las variables estudiadas.
Marquez-Chin et al. (Marquez-Chin et al., 2017)	5 días a la semana en sesiones de 45 minutos en una intervención de entre 12 a 16 semanas	En función del paciente: deltoides, triceps y bíceps braquial; flexor radial del carpo y flexor cubital del carpo; flexor superficial de los dedos y flexor profundo de los dedos; flexores del pulgar; extensores de los dedos; y lumbricales del primer al cuarto dedo del MS afectado	40Hz, 0-300µs, 10-50mA	Fisioterapia convencional	Grado de independencia en las AVD (FIM) y mejora funcional (FMA-UL)	T0: al inicio de la intervención. T1: al final de la intervención	Mejoras significativas en ambos grupos para ambas variables en T1	Diferencias significativas entre los grupos en ambas variables a favor del GI.
Menezes et al. (Menezes et al., 2018)	1 sesión de cada sesión de protocolo (4 en total), empleando 25 minutos de FES en cada una. Las sesiones se aplican con una separación de 10-15 días	Extensor común de los dedos del MS afectado	40Hz, 250µs, 1s ON	ESPR y ETCC activas y simuladas	ROM a de extensión de muñeca, ROM a de flexión de muñeca (goniómetro analógico ambas), fuerza de agarre (dinamómetro Jamar) y fuerza de pellizco (dinamómetro digital)	T0: al inicio de cada sesión. T1: al finalizar cada sesión.	Todos los grupos mejoran la fuerza de agarre tras todas las sesiones	No hay diferencias significativas entre los grupos
Wilson et al. (Wilson et al., 2016)	2 sesiones a la semana de 40 minutos durante 8 semanas	Puntos motores del extensor radial del carpo y del extensor común de los dedos	20-40Hz, 300µs, Imáx para producir máxima extensión de mano y muñeca sin dolor. 5s ON y 5 segundos OFF	Fisioterapia convencional y terapia ocupacional	FMA-UL y funcionalidad del MS para ejecutar actividades específicas (AMATm)	T0: al inicio de la intervención. T1: a las 4 semanas. T2: al final de la intervención. T3, T4 y T5: 1, 3 y 6 meses tras la intervención respectivamente	Las 2 intervenciones con FES presentan mejoras en T2, T4 y T5 para las dos variables.	Se encuentra una diferencia significativa con relación al número de horas de intervención aplicadas, de forma que el G2 recibe menos que el resto.
Zhou et al. (Zhou et al., 2017)	2 sesiones a la semana de 20 minutos con un descanso de 5 min en la mitad de la aplicación	Punto motor del extensor cubital del carpo del MS afectado	150-750Hz, 23-60µs, hasta 30mA produciendo la extensión máxima de muñeca sin dolor, 5s ON y 5s OFF	Fisioterapia convencional y terapia ocupacional	Recuperación del MS y tras el ictus (FMA-UL) y ROM a de extensión de muñeca (goniómetro)	T0: al inicio de la intervención. T1: a las 2 semanas desde el inicio. T2: al final de la intervención	Mejoras significativas en ambos grupos en T2 para la FMA-UL. Hay mejoras con relación al ROM a de muñeca, pero no se hace ningún análisis estadístico	Diferencias significativas favorables para el G1 para la FMA-UL
Demir et al. (Demir et al., 2018)	5 días a la semana, 15 minutos, 2 veces al día la primera semana y luego 45 minutos, 2 veces al día durante 8 semanas	Extensor de los dedos, extensor corto y largo del pulgar, músculos tenares, flexor superficial de los dedos y flexor superficial del pulgar del MS afectado	No se mencionan	Fisioterapia convencional y terapia ocupacional	ROM p de hombro, Función motora del MS (FMA-UL), tono muscular (MAS), desarrollo del MS parético en las AVD (MAL28), Función de la mano y del MS (JHFT) y fuerza de agarre (dinamómetro Jamar)	T0: al inicio de la intervención. T1: la segunda semana. T2: al finalizar	Mejoras significativas de ambos grupos para la FMA-UL en T2. También del GI para el MAS, para el MAL28 y para la fuerza de agarre en T2.	No hay diferencias significativas entre los grupos.
Mathieson et al. (Mathieson et al., 2018)	5 días a la semana, 30 minutos 2 veces al día durante 3 semanas	Puntos motores del extensor de los dedos y del extensor corto del pulgar del MS afectado	45Hz, 200µs, 8s ON, 8s OFF, 1s de aceleración y 0.8s de deceleración.	Fisioterapia convencional y terapia espejo	Función del brazo (ARAT), grado de independencia funcional (FIM) y desarrollo en las ACV (NEADL)	T0: momento de ingreso del paciente. T1: momento de alta del paciente.	Los 3 grupos presentan mejoras significativas en todas las variables	Diferencias significativas entre los grupos a favor del G1 para la FMA-UL

a: activo/a. **AMAT**: Arm motor Abilities test. **AMATm**: Arm Motor Abilities test modified. **ARAT**: Action Research Arm Test. **AVD**: actividades de la vida diaria. **DASH**: cuestionario de discapacidad del brazo, hombro y mano. **ESPR**: estimulación sensorial nerviosa periférica repetitiva. **ESS**: European Stroke Scale. **ETCC**: estimulación transcranial con corriente continua. **EVA**: escala visual analógica. **FES**: electroestimulación funcional. **FIM**: Functional Independence Measure. **FMA-UL**: escala Fuyl Meyer Assessment for Upper Limbs. **GC**, **GI**, **G1** y **G2**: estos términos hacen referencia a los grupos de intervención de cada estudio descritos en la Tabla 3. **IB**: Índice de Barthel. **IBm**: Índice de Barthel modificado. **Imáx**: intensidad máxima. **JHFT**: test de función manual de Jebsen. **MAL**: Motor Activity Log. **MAL28**: versión del Motor Activity Log. **MAS**: escala de Ashworth modificada. **MRC**: Medical Research Council. **MS**: miembro superior. **NEADL**: Nottingham Extended Abilities of Daily Living scale. **OFF**: tiempo de reposo. **ON**: tiempo de actividad muscular. **p**: pasivo/a. **PEM**: prueba de función manual. **PMM**: prueba muscular manual. **ROM**: rango de movimiento. **s**: segundos. **SPIN**: Scale of Pain Intensity. **Tto. Compl**: tratamientos complementarios.

Tabla 5

Evaluación metodológica de los artículos siguiendo la escala PEDro

Escala PEDro (PEDro Database, 2012)	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
Salazar et al. (Salazar et al., 2020)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí
Zheng et al. (Zheng et al., 2019)	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	No	Sí	Sí
Biasiucci et al. (Biasiucci et al., 2018)	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Fletcher-Smith et al. (Fletcher-Smith et al., 2019)	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	No	No	Sí
Jang et al. (Jang et al., 2016)	No	Sí	No	Sí	No	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Jonsdottir et al. (Jonsdottir et al., 2017)	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	No	No	Sí	Sí
Kim et al. (Kim et al., 2016)	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Knutson et al. (Knutson et al., 2016)	Sí	Sí	No	Sí	No	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Marquez-Chin et al. (Marquez-Chin et al., 2017)	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Menezes et al. (Menezes et al., 2018)	No	Sí	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Wilson et al. (Wilson et al., 2016)	Sí	Sí	No	Sí	No	No	Sí	No	Sí	Sí	Sí
Zhou et al. (Zhou et al., 2017)	Sí	Sí	No	Sí	No	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Demir et al. (Demir et al., 2018)	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	No	No	Sí	Sí
Mathieson et al. (Mathieson et al., 2018)	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

C1: los criterios fueron especificados. C2: Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos. C3: la asignación fue oculta. C4: los grupos fueron similares al inicio con relación a los indicadores de pronóstico más importantes. C5: todos los sujetos fueron cegados. C6: todos los terapeutas fueron cegados. C7: todos los evaluadores fueron cegados. C8: las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos. C9: 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". C10: Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave. C11: El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave.

Discusión

El objetivo de esta revisión sistemática fue analizar la evidencia científica sobre los efectos de la FES en los miembros superiores tras el accidente cerebrovascular. La escala PEDro (PEDro Database, 2012) se usó para evaluar la calidad metodológica de los 14 estudios incluidos en esta revisión. La mayoría de los artículos, emplean la escala *Fugl Meyer Assessment for Upper Limbs* (FMA-UL) para valorar la mejora de los grupos. A mayores, también se estudian los resultados relacionados con la fuerza, la espasticidad y el tono muscular, la funcionalidad del MS, el rango de movimiento (ROM), el grado de discapacidad en las AVD y por último el dolor.

Al analizar los estudios en función de la escala PEDro (PEDro Database, 2012), un estudio (Salazar et al., 2020) cuenta con una calidad metodológica excelente, 10 estudios (Biasiucci et al., 2018; Jang et al., 2016; Jonsdottir et al., 2017; Kim et al., 2016; Knutson et al., 2016; Marquez-Chin et al., 2017; Mathieson et al., 2018; Menezes et al., 2018; Wilson et al., 2016; Zhou et al., 2017) con una buena calidad metodológica y tres (Demir et al., 2018; Fletcher-Smith et al., 2019; Zheng et al., 2019) estudios tienen una calidad metodológica aceptable. De forma general, los estudios con una buena calidad metodológica no realizan cegamiento de los pacientes o de los terapeutas ni tampoco realizan un análisis por intención de tratar. Por su parte, los estudios con una calidad metodológica aceptable no realizan ningún tipo de ciego, no obtienen las medidas de más del 85% de la muestra para al menos uno de los resultados clave y no presentan los resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento, pudiendo aparecer sesgos de realización, detección o notificación.

Cabe destacar que, en esta revisión sistemática, todos los estudios son ensayos clínicos aleatorizados (ECA), lo que implica que, en las respectivas intervenciones, los distintos grupos son formados mediante métodos aleatorizados. Por ello se discutirán los resultados en función primeramente de la FMA-UL y a continuación de los demás aspectos comentados en el primer párrafo.

Funcionalidad

La FMA-UL es usada en 11 artículos (Biasiucci et al., 2018; Demir et al., 2018; Jonsdottir et al., 2017; Kim et al., 2016; Knutson et al., 2016; Marquez-Chin et al., 2017; Mathieson et al., 2018; Salazar et al., 2020; Wilson et al., 2016; Zheng et al., 2019; Zhou et al., 2017), dentro de los cuales todos los grupos que aplican la FES presentan beneficios significativos.

De estos 11 estudios, algunos comparan el efecto de la FES con grupos controles (GC) basados en terapias de rehabilitación convencionales (Biasiucci et al., 2018; Demir et al., 2018; Jonsdottir et al., 2017; Kim et al., 2016; Marquez-Chin et al., 2017). Por ejemplo, Biasiucci et al. (Biasiucci et al., 2018) y Kim et al. (Kim et al., 2016) estudian las diferencias entre un GC y otro al que solo se le aplica FES si los pacientes superan un umbral mínimo de atención controlado mediante electroencefalograma (EEG). Además de la variabilidad en la combinación de terapias, la duración de los protocolos de intervención también llama la atención. Siendo, por ejemplo, en el ECA de Biasiucci et al. (Biasiucci et al., 2018) de cinco semanas, el de Kim et al. (Kim et al., 2016) es de cuatro semanas o en el Jonsdottir et al. (Jonsdottir et al., 2017), que compara FES controlada mediante electromiografía (EMG) de la contracción voluntaria, con otro GC y dura de cinco a seis semanas, todos ellos

con resultados significativos en el grupo FES y también en sus seguimientos. Otros, sin embargo, con duraciones más largas como el de Marquez-Chin et al. (Marquez-Chin et al., 2017) con 12 a 16 semanas de duración que observan mejora significativa en el grupo FES mientras que otros con duraciones algo más cortas (ocho semanas en el estudio de Demir et al. (Demir et al., 2018)) no observan tal mejora. Esta discordancia, cuando se comparan los demás resultados con los observados por Demir et al. (Demir et al., 2018), puede deberse a una posible disparidad entre los parámetros empleados en la FES, ya que el ECA realizado por Demir et al. (Demir et al., 2018), no los llega a definir. Por lo tanto, la FES podría influir en la recuperación de la función de la conducción nerviosa (Zheng et al., 2019), apareciendo así mejoras en la funcionalidad del MS y por tanto en la puntuación de la escala FMA-UL.

Zheng et al. (Zheng et al., 2019), Zhou et al. (Zhou et al., 2017) y Knutson et al. (Knutson et al., 2016) comparan la FES controlada contralateralmente con la FES en intervenciones de dos, cuatro y 12 semanas, respectivamente. Tras la intervención, dos estudios observan diferencias significativas entre los grupos, favoreciendo a la FES controlada contralateralmente. Por su contra, Knutson et al. (Knutson et al., 2016) no registran diferencias significativas entre los grupos, aunque ambos mejoran significativamente tras la intervención. En consecuencia, a pesar de que el estudio de Knutson et al. (Knutson et al., 2016) abarca mediciones a un plazo mucho más amplio, bien es cierto que, a diferencia de los estudios de Zheng et al. (Zheng et al., 2019) y de Zhou et al. (Zhou et al., 2017), la muestra de pacientes comprende una etapa crónica de la patología. Teniendo en cuenta que es importante el inicio precoz de la neurorrehabilitación para una mayor recuperación funcional (Murie-Fernández et al., 2010), este hecho podría explicar los hallazgos no significativos de Knutson et al. (Knutson et al., 2016).

Con un abordaje algo diferente, Salazar et al. (Salazar et al., 2020) observan que, al comparar dos grupos de intervención, uno con estimulación transcraneal con corriente continua (ETCC) más FES y otro con FES y ETCC simulada durante dos semanas en las cuales ambos grupos realizan también la rehabilitación convencional, no se encuentran diferencias significativas entre los grupos. Además, Mathieson et al. (Mathieson et al., 2018) es el único estudio que compara la FES, con la terapia espejo, así como con la combinación de ambas en una intervención que comprende desde el ingreso hasta el momento del alta del paciente. Se encuentran diferencias significativas entre los grupos a favor de la intervención con FES.

Los anteriores hallazgos parecen mostrar una posible eficacia de la FES para mejorar los hallazgos en la escala FMA-UL con relación al tratamiento convencional. Además, algunos tipos de FES parecen dar mejores resultados que otros, por ejemplo, la FES controlada contralateralmente sobre la FES aplicada sola o la FES sobre la terapia espejo e incluso sobre su combinación. Las mejoras observadas en el primer caso pueden estar relacionadas con la vinculación del movimiento del lado parético al lado menos afectado, aumentando la excitabilidad corticoespinal de los músculos estimulados por desinhibición interhemisférica y facilitación intracortical (Zheng et al., 2019). Sin embargo, se necesitaría mayor evidencia científica para poder confirmar estos hallazgos.

Fuerza

La analizan cinco estudios (Biasiucci et al., 2018; Demir et al., 2018; Menezes et al., 2018; Salazar et al., 2020; Zheng et al., 2019), de ellos, aunque todos presentan mejoras significativas en el tiempo, tan solo tres (Biasiucci et al., 2018; Salazar et al., 2020; Zheng et al., 2019) encuentran diferencias entre los grupos. Salazar et al. (Salazar et al., 2020), tras una intervención de dos semanas, encuentran mejora en la fuerza de agarre al aplicar la FES con ETCC, frente a usarla con una ETCC simulada. Zheng et al. (Zheng et al., 2019) la encuentran a las dos semanas en el músculo extensor del carpo aplicando FES controlada contralateralmente, frente al empleo de estimulación eléctrica neuromuscular pasiva. Por otra parte, Biasiucci et al. (Biasiucci et al., 2018) estudian esta variable con un protocolo de cinco semanas de intervención en el extensor común de los dedos, observando una mejora al aplicar FES tras superar un umbral mínimo de atención captado por un EEG, que al aplicarla sin este requisito. En este último caso, los resultados mencionados se mantuvieron 12 meses después del final de la intervención.

Menezes et al. (Menezes et al., 2018) no observan diferencias significativas entre los grupos para la fuerza de agarre o de pellizco al comparar la efectividad de la FES como terapia complementaria a otras, como la estimulación sensorial nerviosa periférica repetitiva (ESPR) y la ETCC. Demir et al. (Demir et al., 2018) tampoco parecen encontrar mejoras significativas en la fuerza de agarre al comparar un grupo de aplicación de FES y un GC durante ocho semanas.

Estas diferencias en los resultados pueden deberse a la heterogeneidad de las intervenciones, ya que no todos los estudios comparan la FES con un GC, sino que lo hacen con otro tipo de intervenciones e incluso como tratamiento complementario a otras técnicas. Además, aunque algunos

estudios realizan las medidas con un dinamómetro de Jamar (Demir et al., 2018; Menezes et al., 2018; Salazar et al., 2020), otros emplean métodos más subjetivos como la escala *Medical Research Council* (Biasiucci et al., 2018) o la prueba muscular manual (Zheng et al., 2019), hecho que pudiera influir en los resultados observados. Además, Menezes et al. (Menezes et al., 2018) tan sólo observa la mejora durante una sesión de FES como terapia complementaria a la ESPR, a la ETCC y a sus intervenciones simuladas.

Al analizar los resultados de la FES sobre la fuerza en los estudios analizados en esta revisión sistemática, los resultados parecen indicar una tendencia a la mejora de la fuerza en el MS parético al aplicarse la FES.

ROM

Son cinco los estudios que la analizan (Demir et al., 2018; Kim et al., 2016; Menezes et al., 2018; Zheng et al., 2019; Zhou et al., 2017). Entre estos, Kim et al. (Kim et al., 2016) comparan un grupo intervención con un GC. En el primero, se precisa sobrepasar un umbral de atención definido mediante EEG para recibir la FES, mientras en el segundo se lleva a cabo terapia convencional durante las cuatro semanas que dura la intervención. En este punto, encuentran una diferencia significativa entre los grupos en el ROM activo de flexión de muñeca tras el tratamiento a favor de la FES controlada por EEG. Cabe resaltar que este estudio aplica la FES en la musculatura extensora de muñeca y analiza el movimiento de flexión de muñeca. A su vez, el estudio de Zheng et al. (Zheng et al., 2019) compara un grupo al que se le aplica FES controlada contralateralmente con otro al que se le aplica FES pasiva durante dos semanas. Tan sólo se valora la diferencia de grupos en T1 (al finalizar la intervención), donde se encuentra una diferencia significativa a favor de la aplicación de la FES controlada contralateralmente. También Zhou et al. (Zhou et al., 2017), mencionan mejoras en sus pacientes, comparando un grupo que recibía FES controlada contralateralmente y otro al que se le aplicaba FES durante cuatro semanas. A pesar de que se describen mejoras, no se proporciona un análisis estadístico para esta variable que corrobore una relación del tratamiento con dicho efecto.

En su contra, Demir et al. (Demir et al., 2018) al comparar un grupo de aplicación de FES y otro que solo realiza un programa de rehabilitación convencional durante 8 semanas, no encuentran ningún resultado significativo en el ROM pasivo de hombro. Además, Menezes et al. (Menezes et al., 2018) tampoco parecen encontrar ninguna relación entre la aplicación de la FES y el aumento del ROM activo de flexión y extensión de

muñeca, tras realizar cuatro sesiones de FES combinada con ESPR y ETCC activas y simuladas.

Frente a estos resultados contradictorios, cabe destacar que los resultados de Demir et al. (Demir et al., 2018) son los únicos que hacen referencia al ROM pasivo, mientras que los de Menezes et al. (Menezes et al., 2018) pueden verse limitados por el corto tiempo de aplicación de las técnicas en la intervención. Si bien es cierto, a pesar de sus resultados clínicos positivos, Zhou et al. (Zhou et al., 2017) no muestra un análisis estadístico, lo que supone un sesgo de notificación al igual que Zheng et al. (Zheng et al., 2019) ya que sólo comenta las diferencias entre grupos al final de la intervención. Por su parte, Kim et al. (Kim et al., 2016) aplica la FES en la musculatura extensora de la muñeca y el ROM valorado es el de flexión de la muñeca. Por todo ello, aunque se puedan intuir resultados positivos de la FES sobre el ROM, se necesitaría un mayor nivel de evidencia para afirmarlo.

Discapacidad y AVD

Dichos aspectos son estudiados en ocho (Biasiucci et al., 2018; Demir et al., 2018; Fletcher-Smith et al., 2019; Jonsdottir et al., 2017; Kim et al., 2016; Marquez-Chin et al., 2017; Mathieson et al., 2018; Zheng et al., 2019) de los ECA analizados en esta revisión sistemática. Entre ellos, seis (Biasiucci et al., 2018; Demir et al., 2018; Fletcher-Smith et al., 2019; Jonsdottir et al., 2017; Kim et al., 2016; Marquez-Chin et al., 2017) comparan los efectos de la FES con los de la terapia convencional en los GC. Biasiucci et al. (Biasiucci et al., 2018) realizan un protocolo de cinco semanas de intervención de FES en el extensor común de los dedos controlado por un EEG, tras el cual no se observan diferencias significativas para el grado de discapacidad en ninguno de los grupos. Jonsdottir et al. (Jonsdottir et al., 2017) comparan, tras una intervención de cinco a seis semanas, la FES controlada mediante EMG, con un GC y a pesar de obtener mejoras en ambos grupos para el grado de discapacidad, no existen diferencias significativas entre ellos. Fletcher-Smith et al. (Fletcher-Smith et al., 2019) llevan a cabo un protocolo de intervención de tres meses en el que se comparan los efectos de la FES con los de la terapia convencional, observándose mejoras en ambos grupos para el desarrollo de las AVD. Cabe resaltar que este estudio cuenta con un sesgo de notificación al no presentar análisis estadístico de los resultados. Por su parte, Demir et al. (Demir et al., 2018) también comparan la FES con un GC durante ocho semanas y aunque observan mejoras significativas para el desarrollo de las AVD en el grupo FES tras la intervención, no se evidencian diferencias significativas entre los grupos.

En su contra, Kim et al. (Kim et al., 2016) también comparan la FES, controlada por un EEG, con un GC que recibe terapia convencional en un protocolo de cuatro semanas, pero esta vez con diferencias significativas para el grado de discapacidad, tanto en la calidad como en la cantidad del movimiento. También Marquez-Chin et al. (Marquez-Chin et al., 2017) comparan la FES con un GC durante un protocolo de entre 12 a 16 semanas, en el que se observan diferencias significativas tras el tratamiento para el desarrollo de las AVD, a favor del grupo que recibe la FES.

Es importante resaltar que para evaluar la mejora en la discapacidad y en el desarrollo de las AVD, en algunos estudios se emplean escalas como el Índice de Barthel (Fletcher-Smith et al., 2019), el Índice de Barthel modificado (Kim et al., 2016; Zheng et al., 2019) o la *European Stroke Scale* (Biasiucci et al., 2018), que no solo contemplan la mejora del MS parético, sino que también tienen en cuenta otro tipo de variables como el control de orina, de heces o incluso la funcionalidad de los miembros inferiores. Este hecho, podría sesgar los resultados haciendo que o bien una gran mejora de estas últimas variables no denote correctamente la evolución del MS parético, o bien que una no mejora o empeoramiento de estas, esconda la mejora del MS parético. Por ello, sería necesario realizar más investigaciones sobre la influencia de la FES en la mejora del grado de discapacidad y en el desarrollo de las AVD empleando escalas que evalúen específicamente la extremidad superior afectada.

Espasticidad

Los efectos de la FES en la espasticidad y en el tono muscular se analizan en cuatro estudios (Biasiucci et al., 2018; Demir et al., 2018; Fletcher-Smith et al., 2019; Jang et al., 2016). Biasiucci et al. (Biasiucci et al., 2018) comparan los efectos de la FES controlada por un EEG, con los de un GC en el que reciben la misma terapia simulada y rehabilitación convencional durante cinco semanas de intervención. No se observan mejoras significativas en la espasticidad. Fletcher-Smith et al. (Fletcher-Smith et al., 2019) no mencionan diferencias significativas para la espasticidad al comparar los efectos de la FES con los de la terapia convencional en una intervención de tres meses. Cabe resaltar que este estudio tiene un sesgo de notificación por no presentar ningún análisis estadístico de los resultados, como ya se ha comentado anteriormente. Jang et al. (Jang et al., 2016) comparan un grupo de FES controlada por un EEG con otro grupo al que se le aplican FES sin necesidad de superar un umbral de atención, con una duración de seis semanas y tras él no se observan diferencias significativas

para la espasticidad. Por último, Demir et al. (Demir et al., 2018) realizan un protocolo de intervención en el que durante ocho semanas aplican FES a un grupo intervención y lo comparan con un GC al que sólo se le aplica la rehabilitación convencional. En este caso, aunque sí se observan diferencias significativas en el grupo intervención tras el tratamiento para el tono muscular, no se dan diferencias significativas entre los grupos. Por lo tanto, no se aprecian demasiados beneficios de la FES en la espasticidad y en el tono muscular con relación a la terapia convencional. A pesar de ello, se necesitaría más evidencia científica, con un mayor número de estudios que con una mayor calidad metodológica, evalúen los efectos de la FES aplicados a esta variable.

Dolor

De los 14 estudios analizados en esta revisión sistemática, tan solo tres (Fletcher-Smith et al., 2019; Jang et al., 2016; Jonsdottir et al., 2017) analizan los efectos de la FES sobre el dolor. Dos (Fletcher-Smith et al., 2019; Jonsdottir et al., 2017) de estos tres, comparan la FES con un GC que recibe tratamiento convencional. Mientras el ECA llevado a cabo por Fletcher-Smith et al. (Fletcher-Smith et al., 2019) realiza una intervención de tres meses, Jonsdottir et al. (Jonsdottir et al., 2017) aplicando FES regulada por EMG frente al GC, aplica otra intervención de cinco a seis semanas y en ambos casos no se mencionan diferencias significativas. Cabe recordar, que el ECA llevado a cabo por Fletcher-Smith et al. (Fletcher-Smith et al., 2019) cuenta con un sesgo de notificación al no realizar ningún análisis estadístico de resultados. Además, Jang et al. (Jang et al., 2016) realizan un protocolo de intervención de 6 semanas en el que a un grupo se le aplica la FES y al otro la FES controlada por EEG. Se observan mejoras significativas en ambos grupos, pero no diferencias entre ellos tras el tratamiento. Existe realmente poca evidencia científica sobre los efectos de la FES sobre el dolor en el MS parético, por lo que, aunque se pueda intuir una mejora, se deben realizar muchos más estudios con una mayor calidad metodológica que analicen esta variable.

Conclusión

Tras analizar los estudios incluidos en esta revisión sistemática, se observa que la aplicación de la FES parece conseguir algunos beneficios frente a la rehabilitación convencional en la escala FMA-UIL, de forma que podría provocar una recuperación de la función de la conducción nerviosa aumentando la funcionalidad del MS parético.

En relación con la fuerza, el ROM, el grado de discapacidad, o por ejemplo el desarrollo de las AVD, se observan discordancias. Aunque parecen observarse algunos beneficios de la aplicación de la FES en estas variables, se necesita una mayor evidencia científica con mayor calidad metodológica y con criterios comunes de medición, tanto en una fase temprana como en una crónica tras el ACV para poder establecer una tendencia de respuesta.

Una limitación de esta revisión sistemática es la no inclusión de estudios con dispositivos implantables que apliquen FES, aunque como ya se explicó en la introducción, creemos que la escasez de estudios con este enfoque no permitiría ninguna conclusión diferente a las que se alcanzan en esta revisión siendo una posible línea en la que deben seguir adentrándose los futuros estudios clínicos que empleen la FES. Además, es importante seguir ahondando en las características de las intervenciones con FES que puedan determinar la mejor forma de intervención con esta técnica para lograr mejores resultados sobre el miembro superior de pacientes tras un ictus y de esta forma poder contribuir a una mejor decisión clínica de su proceso de rehabilitación.

Referencias

- Awad, L. N., Reisman, D. S., Pohlig, R. T., & Binder-Macleod, S. A. (2016). Reducing The Cost of Transport and Increasing Walking Distance After Stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 30(7), 661–670. <https://doi.org/10.1177/1545968315619696>
- Benavides Bautista, P. A., Sánchez Villacis, L., Álvarez Mena, P., Manzano Pérez, V. A., & Zambrano Jordán, D. (2018). Diagnóstico, imagenología y accidente cerebrovascular. *Enfermería Investiga: Investigación, Vinculación, Docencia y Gestión*, 3(1 Sup), 77–83. <https://doi.org/10.29033/ei.v3sup1.2018.16>
- Biasiucci, A., Leeb, R., Iturrate, I., Perdakis, S., Al-Khodairy, A., Corbet, T., Schnider, A., Schmidlin, T., Zhang, H., Bassolino, M., Viceic, D., Vuadens, P., Guggisberg, A. G., & Millán, J. D. R. (2018). Brain-actuated functional electrical stimulation elicits lasting arm motor recovery after stroke. *Nature Communications*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-018-04673-z>
- Blanco González, M., Arias Rivas, S., & Castillo Sánchez, J. (2011). Diagnóstico del accidente cerebrovascular isquémico. *Medicine - Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*, 10(72), 4919–4923. [https://doi.org/10.1016/S0304-5412\(11\)70030-0](https://doi.org/10.1016/S0304-5412(11)70030-0)
- Braun, C., Demarchi, G., & Papadelis, C. (2009). Cortical Reorganization after Damage to the Central Nervous System. *Neuro-Ophthalmology*, 33(3), 142–148. <https://doi.org/10.1080/01658100902825521>
- Campo-Prieto, P., Cancela Carral, J. M., Machado de Oliveira, I., & Rodríguez-Fuentes, G. (2020). Realidad Virtual Inmersiva en personas mayores: estudio de casos (Immersive Virtual Reality in older people: a case study). *Retos*, 39. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i39.78195>
- Castro-Jiménez, R. (2022). Accidente cerebrovascular: enseñanza, prevención y detección por los alumnos de Enseñanza Primaria Obligatoria. *Retos*, 44, 783–788. <https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/index>
- Demir, Y., Alaca, R., Yazicioglu, K., Yasar, E., & Tan, A. K. (2018). The Effect of Functional Electrical Stimulation on Stroke Recovery: A Randomized Controlled Trial. *Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Bilimleri Dergisi*, 21(2), 64–70. <https://doi.org/10.31609/jpmrs.2018-60000>
- Domínguez Ferraz, D., & Grau Pellicer, M. (2011). Entrenamiento aeróbico y de fuerza en la rehabilitación del ictus. *Fisioterapia*, 33(5), 210–216. <https://doi.org/10.1016/j.ft.2011.06.006>
- Fletcher-Smith, J. C., Walker, D.-M., Allatt, K., Sprigg, N., James, M., Ratib, S., Boadu, J., Richardson, C., & Pandyan, A. D. (2019). The ESCAPS study: a feasibility randomized controlled trial of early electrical stimulation to the wrist extensors and flexors to prevent post-stroke complications of pain and contractures in the paretic arm. *Clinical Rehabilitation*, 33(12), 1919–1930. <https://doi.org/10.1177/0269215519868834>
- García Carrasco, D., & Aboitiz Cantalapiedra, J. (2016). Efectividad de la imaginería o práctica mental en la recuperación funcional tras el ictus: revisión sistemática. *Neurología*, 31(1), 43–52. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2013.02.003>
- Ghaffari, A., Rostami, H. R., & Akbarfahimi, M. (2021). Predictors of Instrumental Activities of Daily Living Performance in Patients with Stroke. *Occupational Therapy International*, 2021, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2021/6675680>
- Hara, Y. (2015). Brain Plasticity and Rehabilitation in Stroke Patients. *Journal of Nippon Medical School*, 82(1), 4–13. <https://doi.org/10.1272/jnms.82.4>
- Insaurralde, W., Heuer, L., Veronesi, C., & Paviolo, R. (2016). REvISTA ARGENTINA DE mEDICINA STROKE: A PROSPECTIVE, EPIDEMIOLOGICAL STUDY PERFORMED IN SAMIC ELDORADO HOSPITAL, MISIONES, ARGENTINA. *Arg Med*, 4(11), 164–168. <http://revistasam.com.ar/index.php/RAM/article/view/97/68>
- Jang, Y. Y., Kim, T. H., & Lee, B. H. (2016). Effects of Brain-Computer Interface-controlled Functional Electrical Stimulation Training on Shoulder Subluxation for Patients with Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Occupational Therapy International*, 23(2), 175–185. <https://doi.org/10.1002/oti.1422>

- Jonsdottir, J., Thorsen, R., Aprile, I., Galeri, S., Spannocchi, G., Beghi, E., Bianchi, E., Montesano, A., & Ferrarin, M. (2017). Arm rehabilitation in post stroke subjects: A randomized controlled trial on the efficacy of myoelectrically driven FES applied in a task-oriented approach. *PLOS ONE*, *12*(12), e0188642. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188642>
- Kim, T., Kim, S., & Lee, B. (2016). Effects of Action Observational Training Plus Brain-Computer Interface-Based Functional Electrical Stimulation on Paretic Arm Motor Recovery in Patient with Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Occupational Therapy International*, *23*(1), 39–47. <https://doi.org/10.1002/oti.1403>
- Knutson, J. S., Gunzler, D. D., Wilson, R. D., & Chae, J. (2016). Contralaterally Controlled Functional Electrical Stimulation Improves Hand Dexterity in Chronic Hemiparesis. *Stroke*, *47*(10), 2596–2602. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.116.013791>
- Marquez-Chin, C., Bagher, S., Zivanovic, V., & Popovic, M. R. (2017). Functional electrical stimulation therapy for severe hemiplegia: Randomized control trial revisited. *Canadian Journal of Occupational Therapy*, *84*(2), 87–97. <https://doi.org/10.1177/0008417416668370>
- Mathieson, S., Parsons, J., Kaplan, M., & Parsons, M. (2018). Combining functional electrical stimulation and mirror therapy for upper limb motor recovery following stroke: a randomised trial. *European Journal of Physiotherapy*, *20*(4), 244–249. <https://doi.org/10.1080/21679169.2018.1472635>
- Menezes, I. S., Cohen, L. G., Mello, E. A., Machado, A. G., Peckham, P. H., Anjos, S. M., Siqueira, I. L., Conti, J., Plow, E. B., & Conforto, A. B. (2018). Combined Brain and Peripheral Nerve Stimulation in Chronic Stroke Patients With Moderate to Severe Motor Impairment. *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface*, *21*(2), 176–183. <https://doi.org/10.1111/ner.12717>
- Mollinedo Cardalda, I., Expósito Lago, Á., Casal Moldes, Á., & Cancela Carral, J. M. (2022). Efecto de un programa de pilates sobre la capacidad funcional y cognitiva de un colectivo de octogenarios frágiles institucionalizados. Estudio piloto (Effect of a pilates program on the functional and cognitive capacity of a collective of institutionalized octogenarians). *Retos*, *45*, 104–112. <https://doi.org/10.47197/retos.v45i0.91431>
- Muñoz Boje, R., & Calvo-Muñoz, I. (2018). Efectos de la terapia de realidad virtual en el miembro superior en pacientes con ictus: revisión sistemática. *Rehabilitación*, *52*(1), 45–54. <https://doi.org/10.1016/j.rh.2017.09.001>
- Murie-Fernández, M., Irimia, P., Martínez-Vila, E., John Meyer, M., & Teasell, R. (2010). Neurorehabilitación tras el ictus. *Neurología*, *25*(3), 189–196. [https://doi.org/10.1016/S0213-4853\(10\)70008-6](https://doi.org/10.1016/S0213-4853(10)70008-6)
- Park, J., Seo, D., Choi, W., & Lee, S. (2014). The Effects of Exercise with TENS on Spasticity, Balance, and Gait in Patients with Chronic Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Medical Science Monitor*, *20*, 1890–1896. <https://doi.org/10.12659/MSM.890926>
- PEDro Database. (2012, December 30). *Escala PEDro: versión española*. Physiotherapy Evidence Database. PEDro [Internet]. PEDro scale. [citado 30 de junio de 2021]. Disponible en: <https://staging-pedro.neura.edu.au/english/resources/pedro-scale/>
- Popović, D. B. (2014). Advances in functional electrical stimulation (FES). *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *24*(6), 795–802. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2014.09.008>
- Prbicevic, M., Pollar, H., Bonell, R., & de Luca, K. (2011). Revisión sistemática del tratamiento manipulativo para el hombro doloroso. *Osteopatía Científica*, *6*(3), 86–97. [https://doi.org/10.1016/S1886-9297\(11\)70015-7](https://doi.org/10.1016/S1886-9297(11)70015-7)
- Salazar, A. P., Cimolin, V., Schifino, G. P., Rech, K. D., Marchese, R. R., & Pagnussat, A. S. (2020). Bi-cephalic transcranial direct current stimulation combined with functional electrical stimulation for upper-limb stroke rehabilitation: A double-blind randomized controlled trial. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, *63*(1), 4–11. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2019.05.004>
- Sentandreu Mañó, T., Salom Terrádez, J. R., Tomás, J. M., Meléndez Moral, J. C., Fuente Fernández, T. de la, & Company José, C. (2011). Electroestimulación en el tratamiento de la mano hemipléjica espástica después de un ictus: estudio aleatorizado. *Medicina Clínica*, *137*(7), 297–301. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2010.10.024>
- Ustrell-Roig, X., & Serena-Leal, J. (2007). Ictus. Diagnóstico y tratamiento de las enfermedades cerebrovasculares. *Revista Española de Cardiología*, *60*(7), 753–769. <https://doi.org/10.1157/13108281>
- Ward, N. S. (2005). *Neural plasticity and recovery of function* (pp. 527–535). [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(05\)50036-0](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(05)50036-0)
- Wilson, R. D., Page, S. J., Delahanty, M., Knutson, J. S., Gunzler, D. D., Sheffler, L. R., & Chae, J. (2016). Upper-Limb Recovery After Stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, *30*(10), 978–987. <https://doi.org/10.1177/1545968316650278>
- Zheng, Y., Mao, M., Cao, Y., & Lu, X. (2019). Contralaterally controlled functional electrical stimulation improves wrist dorsiflexion and upper limb function in patients with early-phase stroke: A randomized controlled trial. *Journal of Rehabilitation Medicine*, *51*(2), 103–108. <https://doi.org/10.2340/16501977-2510>
- Zhou, Y., Xia, Y., Huang, J., Wang, H., Bao, X., Bi, Z., Chen, X., Gao, Y., Lu, X., & Wang, Z. (2017). Electromyographic bridge for promoting the recovery of hand movements in subacute stroke patients: A randomized controlled trial. *Journal of Rehabilitation Medicine*, *49*(8), 629–636. <https://doi.org/10.2340/16501977-2256>