

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

FACULTAD DE MEDICINA

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA



UNIVERSITAS
Miguel Hernández



**Uso de la Electroterapia para la recuperación de la función
motora en Pacientes con Accidentes Cerebrovascular: Revisión
Bibliográfica**

Presentado por: Franco David Maluenda Cabrera

Departamento: Patología y

Tutora: Sirvent Pinar, María De Los Ángeles

cirugía

Curso académico: 2023-2024

Convocatoria de junio

Índice

1. Resumen.....	Pg 5
1.1. Abstract.....	Pg 6
2. Introducción.....	Pg 7
2.1. Fisiopatología en el accidente cerebro vascular: Breve Reseña.....	Pg 7
2.1.1 Sintomatología.....	Pg 7
2.2. Epidemiología.....	Pg 8
2.3 Tratamiento conservador del ACVA.....	Pg 8
3. Objetivo e hipótesis.....	Pg 11
3.1. Hipótesis.....	Pg 11
3.2. Objetivos.....	Pg 11
4. Material y métodos.....	Pg 12
4.1 Estrategia de búsqueda, fuentes de datos y selección de artículos.....	Pg 12
4.2 Criterios de inclusión y exclusión.....	Pg 14
5. Resultados.....	Pg 15
6. Discusión.....	Pg 16
6.1. Limitaciones del trabajo.....	Pg 17
6.2. Prospección del trabajo.....	Pg 18

7. Conclusión.....Pg 19

8. Bibliografía.....Pg 20

9. Anexos.....Pg 26

Tabla 1. Uso de la electroterapia con entrenamiento físico.....Pg 26

Tabla 2. Uso electroterapia con otras terapias.....Pg 33



Índice de abreviaturas.

ACVA: Accidente Cerebro Vascular

ENM: Estimulación neuromuscular

EEF: Estimulación Eléctrica Funcional

EMG: Electromiografía

EFM: Evaluación Fugl-Meyer

EBE: Escala Berg de Equilibrio

EAM: Escala de Ashworth Modificada

Nx/ctrl: Número de pacientes en grupos de control.

Nx/exp: Número de pacientes en grupos de tratamiento experimentales.

N/A: Información no encontrada.

p: Valor que representa la diferencia de dos resultados

1. Resumen

Introducción: El accidente cerebro vascular (ACVA) es una patología con sintomatología neurológica que afecta la función motora entre otras capacidades funcionales. Algunos tipos de estimulación eléctrica pueden recuperar la función motora de los pacientes.

Objetivo: Comprobar si el uso de electroterapia puede recuperar la función motora en pacientes con ACVA y si podemos usar otras terapias con electroterapia para aumentar esa recuperación.

Material y métodos: Se usaron diferentes bases de datos con criterios de inclusión para identificar aquellos artículos que nos aportaron la información necesaria. De estos artículos se obtuvo los parámetros de la electroterapia utilizada, el número de pacientes, la duración de las sesiones y los resultados que los ensayos clínicos obtuvieron de sus participantes.

Resultados: Los resultados de los 23 ensayos clínicos encontrados mostraron datos que defienden que la electroterapia causó una recuperación motora en los pacientes que padecían ACVA. Esta recuperación era mayor si la electroterapia se impartía con otras terapias como entrenamiento físico o terapia de espejo.

Conclusión: Esta revisión bibliográfica reveló que la electroterapia acompañada con otros tipos de terapia puede ser efectiva para la recuperación motora y el aumento de funcionalidad en pacientes con ACVA.

Palabras clave: ACVA, Función motora, Rehabilitación, Electroterapia, Terapia física

1.1 Abstract

Introduction: Stroke is a pathology with neurological symptoms that affects motor function among other functional abilities. Some types of electrical stimulation can restore motor function in patients.

Objective: Search if the use of electrotherapy can recover motor function in patients with stroke and if we can use other therapies with electrotherapy to increase this recovery.

Material and methods: Different databases with inclusion criteria were used to identify those articles that will provide us with the necessary information. In these articles we searched the parameters of the electrotherapy used, the number of patients, the duration of the sessions and the results that the clinical trials obtained in their participants.

Results: The results of the 23 clinical trials found showed data that show that electrotherapy causes motor recovery in patients who suffered from stroke. This recovery was greater if electrotherapy was given with other therapies such as physical training or mirror therapy.

Conclusion: This literature review revealed that electrotherapy accompanied by other types of therapy can be effective for motor recovery and increased functionality in patients with stroke.

Keywords: Stroke, Motor Function, Rehabilitation, Electrotherapy, Physical Therapy

2. Introducción

2.1. Fisiopatología en el accidente cerebro vascular: Breve Reseña

Los ACVA son una serie de condiciones patológicas que afectan las funciones neurológicas, provocando su pérdida por isquemia cerebral o hemorragias intra craneales. (8)

Los ACVA se clasifican según la causa que lo provoca. De esta forma, si la causa es por la rotura de un vaso sanguíneo se considera hemorrágico y si la causa es el bloqueo de un vaso sanguíneo se denomina isquémico. En este último caso, el bloqueo puede producirse por un coágulo sanguíneo llamado trombo. En cambio, si la obstrucción se produce en otro lugar y es desplazado hacia el vaso sanguíneo, se denominaría ACVA embólico. (2)

Actualmente se sabe que el 87% de los ACVA son isquémicos, mientras que el 13% son hemorrágicos. La localización y extensión de la zona afectada determinará las consecuencias del ACVA. (2)

2.1.1. Sintomatología:

Los ACVA son lesiones al sistema nervioso central que frecuentemente resultan en deterioros motores, sensoriales y autónomos persistentes. Además, la función motora de las extremidades inferiores, que comúnmente se ve afectada después de un accidente cerebro vascular, afecta la marcha y la postura. (6,7).

Otro síntoma característico que aparecería sería la espasticidad muscular que es una patología donde se provoca una hipertonía muscular causada por una afectación en la motoneurona superior. La resistencia al movimiento pasivo de un músculo espástico da como resultado una resistencia inicial mínima seguida de un aumento incremental del tono muscular. El tono aumenta en proporción a la

velocidad del movimiento. La espasticidad aparece en más del 20% de los pacientes con accidente cerebro vascular (1)

Por otro lado, el pie equino es un deterioro común después de un accidente cerebro vascular. Esta es una condición que está provocada por la debilidad o falta de control voluntario de los flexores dorsales del tobillo y aumento de la espasticidad de los flexores plantares. (3)

Finalmente, la hemiplejía sería otra de las consecuencias que aparecen en casos de ACVA, siendo esta una afectación grave de la función motora de un lado de un cuerpo. El lado del cuerpo afectado será el contrario al hemisferio cerebral afectado por el ictus. La hemiplejía puede provocar condiciones musculares como denervación, inflamación y remodelación de los tejidos musculares. (8)

2.2. Epidemiología:

Según los datos consultados, se producen aproximadamente entre 9,6 y 4,1 millones de casos de accidentes cerebrovasculares isquémicos y hemorrágicos correlativamente. Los accidentes cerebrovasculares son la segunda causa de muerte en todo el mundo, siendo las tasas de mortalidad para los supervivientes de los accidentes cerebrovasculares aproximadamente del 25 % al año y del 50 % en los próximos cinco años. (4,6)

El ACVA es actualmente una de las principales causas de discapacidad en el mundo. Se estima que alrededor del 50% de los supervivientes de los ACVA viven con discapacidades motoras, que afectan a su nivel de actividad física y al desarrollo de comorbilidades. También es una condición clínica típicamente asociada con paresia de las extremidades causada por el compromiso de la función de las neuronas motoras superiores y las vías neurales asociadas. (5,9)

2.3. Tratamiento conservador para el ACVA:

Parece ser que la recuperación de la función motora voluntaria puede mejorar la independencia y la calidad de vida después de un ACVA. La recuperación espontánea proviene de la remodelación de las estructuras corticales y de los receptores neuronales, además del factor neurotrófico, que está asociado con la neuroplasticidad y el aprendizaje motor. (2,5)

La neuroplasticidad es la capacidad del sistema nervioso central para reorganizarse durante la adquisición, retención y consolidación de habilidades motoras. Para ello utilizaremos tratamientos que estimulen la neuroplasticidad del cerebro (2).

Por este motivo, parece que en los últimos años ha cobrado relevancia la estimulación eléctrica muscular para el tratamiento del ACVA. La estimulación eléctrica neuromuscular es una herramienta física utilizada, sobre todo para la rehabilitación del tejido muscular y del movimiento. Esta provoca contracciones musculares incluso en músculos parcialmente paralizados pero que continúan siendo inervados (2).

Dentro de la utilización de estímulos eléctricos para mejorar la calidad de contracción de un músculo o grupo muscular afectado por esta patología, encontramos varios tipos de estimulación eléctrica según el objetivo perseguido y los parámetros y el tipo de corriente a utilizar.

Dentro de estos tipos encontramos la estimulación neuromuscular (ENM) que se puede utilizar para aumentar la fuerza muscular, mejorar la subluxación del hombro, reducir el tono muscular y producir movimiento. En consecuencia, la ENM puede prevenir la atrofia muscular, mantener la tolerancia muscular, aumentar la fuerza muscular y reentrenar los movimientos funcionales (2,6)

Otro tipo de estimulación eléctrica es la estimulación eléctrica funcional (EEF), que es un subtipo de estimulación neuromuscular en el que el estímulo ayuda a los movimientos funcionales y con propósito. (2)

La EEF se ha utilizado clínicamente como dispositivo de asistencia y como intervención terapéutica para facilitar la restauración del movimiento. También es capaz de estimular la actividad muscular voluntaria, reducir la caída del pie, disminuir la espasticidad y conducir a una reorganización cortical sensorial y motora a largo plazo (2, 3)

Las formas de aplicación de esta corriente pueden darse mediante un estimulador portátil o no y el uso de unos electrodos de superficie colocados sobre la piel del paciente o también, mediante electrodos implantados percutáneamente. (2)

Otras terapias que se realizan para el abordaje y tratamiento conservador del ACVA, como el biofeedback, la robótica y la realidad virtual, es la terapia de espejo. Esta es una intervención terapéutica que se utiliza en la rehabilitación clínica de los supervivientes de un accidente cerebro vascular. La terapia de espejo es una forma de práctica mental e intervención cognitiva que excita la corteza motora primaria y evoca el movimiento de la extremidad afectada moviendo la extremidad no afectada y recibiendo retroalimentación reflejada del movimiento. (6)

El entrenamiento físico es el uso del ejercicio para conseguir un objetivo completo. En la rehabilitación promueve adaptaciones compensatorias a través de la adquisición, retención y consolidación de habilidades motoras. (5)

A continuación se muestran la Figura 1 y la Figura 2, las cuales refieren a un paciente que padece de ACVA siendo tratado con EEF.



3. Objetivos e hipótesis

3.1. Hipótesis

La pregunta de investigación fue desarrollada a través del modelo PICO:

Patología o problema del paciente: Pacientes que han sufrido un ACVA

Intervención: Electroterapia centrada en la estimulación muscular

Comparación con otras intervenciones: No se compara con ninguna

Resultados esperados: Mejora de la función motora

Como resultado la pregunta meditada fue:

¿Los pacientes que han sufrido un accidente cerebro vascular podrían recuperar función motora con el uso electroterapia centrada en la estimulación muscular?

3.2. Objetivos

A través de la pregunta de investigación podemos decir que nuestros objetivos con esta revisión bibliográfica son:

- Comprobar si el uso de la electroterapia para pacientes con ictus es efectivo para la recuperación de la función motora
- Investigar si la electroterapia combinada con otras terapias es más efectiva que su uso aislado.

4. Material y métodos

El método utilizado para conseguir los objetivos planteados ha sido la revisión bibliográfica narrativa de la literatura publicada sobre los tratamientos de electroterapia para pacientes con ACVA combinados con otras terapias.

El código COIR de esta revisión bibliográfica es: TFG.GFI.SPMDLA.FDMC.231230

4.1. Estrategia de búsqueda, fuentes de datos y selección de artículos

La búsqueda de artículos se focalizó en cuatro bases de datos de artículos científicos: Pubmed, Embase, Scopus, Cochrane Library. La sistemática de búsqueda incluyó las siguientes palabras claves: "Electric Stimulation Therapy" OR "Electrotherapy" AND "stroke".

Se realizó la exploración en cada una de las bases de datos siguiendo la siguiente estrategia:

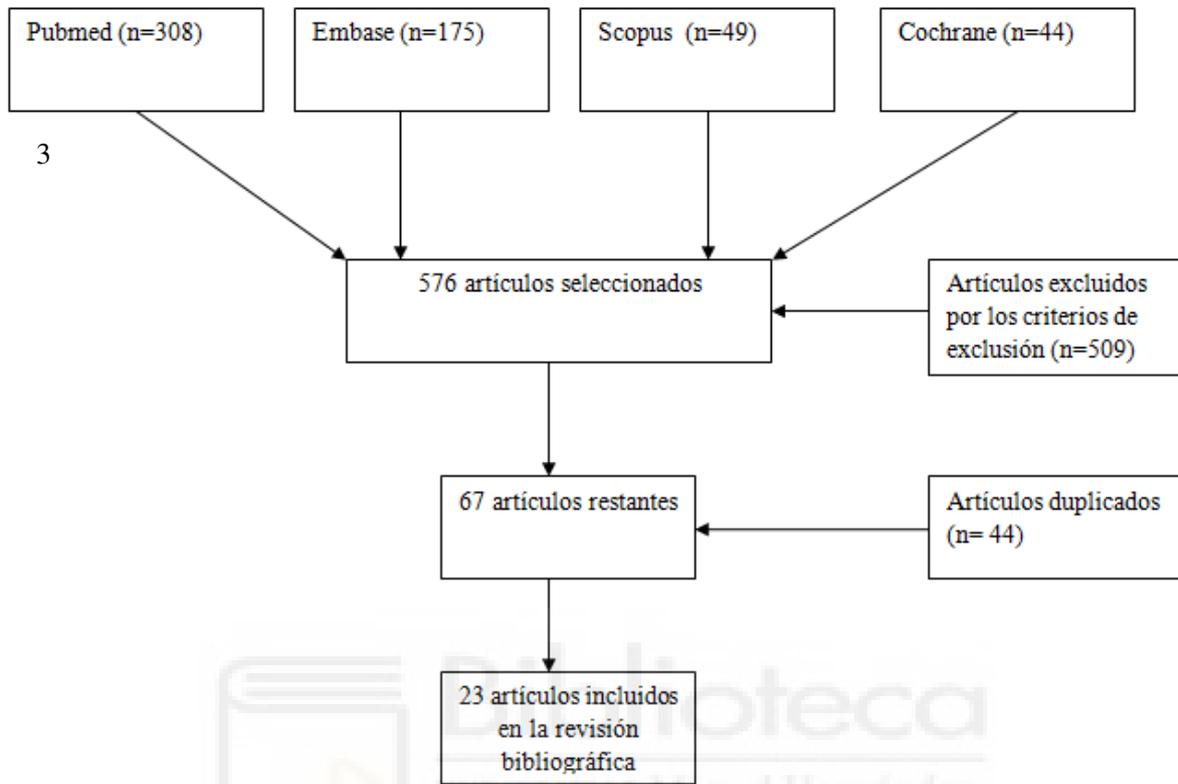
La búsqueda realizada en Pubmed comenzó el día 6 de febrero y se terminó el día 14 de febrero. Esta dio como resultado 308 artículos, de los cuales, tras pasar el filtro de los criterios de inclusión y exclusión, se escogieron 10 artículos.

La búsqueda realizada en Cochrane Library comenzó el día 15 de febrero y se terminó el día 17 de febrero. Esta dio como resultado 44 artículos, de los cuales se seleccionaron 2 artículos.

La búsqueda hecha en Embase comenzó el día 18 de febrero y se terminó el día 24 de febrero. Esta dio como resultado 175 artículos, que tras ser revisados con los criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron 8 artículos.

La búsqueda realizada en Scopus comenzó el día 25 de febrero y se terminó el día 29 de febrero. Esta dio como resultado 49 artículos, de los cuales se seleccionaron 3 artículos.

La búsqueda total brindó 23 artículos para la revisión bibliográfica que se reflejan en el algoritmo de búsqueda de la Figura 3.



n= Número de artículos

También se hizo una búsqueda en Database Mesh para complementar los conceptos utilizados en la introducción. Los conceptos combinados en la búsqueda dieron como resultado:

((((((((((((((("Stroke"[Mesh]) OR "Hemorrhagic Stroke"[Mesh]) OR "Ischemic Stroke"[Mesh]) OR "Cerebrovascular Disorders"[Mesh]) OR "Stroke Rehabilitation"[Mesh]) OR "Motor Skills Disorders"[Mesh]) OR "Diagnostic Techniques, Neurological"[Mesh]) OR "Electric Stimulation Therapy"[Mesh]) OR "Vagus Nerve Stimulation"[Mesh]) OR "Mirror Movement Therapy"[Mesh]) OR "Robotics"[Mesh]) OR "Exercise"[Mesh]) OR "Pain"[Mesh]) OR "Motor Skills"[Mesh]) OR "Hemiplegia"[Mesh]) OR "Muscle Spasticity"[Mesh]

4.2. Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión para los artículos en las diferentes bases de datos fueron:

- Se incluyeron los artículos que tuvieran como objetivo mejorar la función motora o los síntomas del ACVA que estén relacionados con la función motora.
- Se incluyeron los artículos que incluyeran como parte de su tratamiento electroestimulación para el ACVA

Los criterios de exclusión para los artículos en las diferentes bases de datos fueron:

- Se excluyeron los artículos que tuvieran más de 5 años de antigüedad.
- Se excluyeron los artículos que no tuvieran relación con los humanos
- Se excluyeron los artículos que no tuvieran como mínimo un 7 en la puntuación general de la escala PEDro



5. Resultados

A través de las búsquedas realizadas encontramos un total de 23 ensayos clínicos que nos permitirán llegar a una conclusión objetiva sobre el uso de la electroterapia en pacientes con ictus.

En todos los artículos se usa la electroterapia tanto de tratamiento complementario a otros tratamientos como de tratamiento principal. En los artículos se busca mejorar la funcionalidad de los pacientes reduciendo la severidad de los síntomas provocados por el ictus y mejorando la calidad de vida de los pacientes.

La diferencia principal que radica en los artículos es el tratamiento que acompaña o complementa al tratamiento de electroterapia. Por ello crearemos dos tablas: En la “Tabla 1” se mostrarán los resultados de los ensayos clínicos que usen el tratamiento de electroterapia combinado con el entrenamiento o ejercicios funcionales, mientras que en la “Tabla 2” mostraremos los resultados de los ensayos clínicos que usen el tratamiento principal combinado con herramientas diferentes al entrenamiento. Estas tablas se encuentran al final del trabajo en el apartado de “Anexos”

Además en las tablas se mostrarán la duración de las sesiones, ganancia en funcionalidad motora, parámetros de electroterapia, tipo de electroterapia, tipo de entrenamiento, tipo de terapia utilizada, número de pacientes, síntomas que se desean reducir y la puntuación en la escala PEDro.

En el apartado de la ganancia de la funcionalidad motora y síntomas reducidos se nombran las escalas con las que los evaluadores analizaron los resultados obtenidos de los pacientes con los tratamientos. Adicionalmente, para comprobar si hay diferencias entre el grupo experimental y el grupo de control, en este apartado se añadió el p- valor que se obtenía al comparar los resultados de los grupos entre si después del tratamiento.

6. Discusión

Con nuestro trabajo hemos podido comprobar con la bibliografía existente, que la terapia con electro estimulación funcional parece mejorar la función motora reduciendo los síntomas provocados por el ACVA. De esta forma en los artículos (32, 29, 28, 24, 23,22) se habla de la mejora de la función motora de los miembros superiores, incluyendo la electroestimulación en el trabajo de funcionalidad de la mano con la pinza o el agarre, así como una mejoría de la fuerza y de los rangos articulares según otros autores (27, 26, 25, 24, 23, 19).

Conjuntamente, en los ensayos clínicos que usaban otros tipos de tratamiento como terapia de espejo (12,23), biofeedback (31, 22,14) o terapia con el uso de realidad virtual (25,16) también se mejoraban estas funciones.

De igual forma, los artículos que utilizaron tratamientos más enfocados a los miembros inferiores como (31, 19, 18, 13, 12) consiguieron mejorar el equilibrio y la capacidad de marcha de los pacientes. En los artículos (32, 24, 22, 21, 11) se redujo la sintomatología de ACVA como la parálisis o la espasticidad.

En cuanto a los tipos de estimulación muscular en electroterapia, los más usados fueron la EEF y la ENM combinada con ejercicios, como demuestran los ensayos clínicos (21, 29, 30), mientras que otros ensayos clínicos que utilizaban terapias complementarias diferentes al entrenamiento como (12, 15, 16, 28) combinaron estos tipos de estimulación muscular con EMG.

Cabe añadir que los artículos de los ensayos clínicos que usaban el entrenamiento con electro estimulación como tratamiento cuyos grupos experimentales y grupos de control obtenían resultados con diferencias significativas son (10, 11, 17, 19, 20, 27, 29, 32), siendo estos semejantes en número a los ensayos clínicos que usaban otro tipo de tratamiento con electro estimulación, los cuales son (12, 14, 18, 23, 24, 25, 28).

En consecuencia, podemos deducir de esta información que el entrenamiento no es una mejor ni peor opción para obtener diferencias significativas entre grupos frente a otros tratamientos. No obstante se requiere más investigación para obtener una respuesta más objetiva.

Como punto a favor, en los ensayos que usaban entrenamiento como terapia combinada con la EEF (19, 29) se pudo observar mejoría en cuanto a la funcionalidad motora comparada entre el grupo de control y el grupo de intervención. Esto también fue observado en los ensayos clínicos que utilizaban terapia en espejo y realidad virtual (23, 16).

Por tanto se podría afirmar que con la electroterapia de EEF podría ser considerada como una terapia coadyuvante en la mejora de la función motriz y el aumento de la fuerza muscular.

Sin embargo, aunque en la bibliografía consultada encontramos esta mejoría de la función motora en combinación con otras terapias, parece ser que su utilización como único tratamiento no producía mejoría significativa.

Por lo tanto, parece lógico pensar que su uso como terapia coadyuvante y no como única terapia, en tratamientos con ejercicios, biofeedback, realidad virtual, robótica, terapia en espejo, pudiera ser efectiva para mejorar y mantener el movimiento voluntario.

6.1. Limitaciones en la revisión bibliográfica

Cómo limitaciones del trabajo nos encontramos con que los ensayos existentes diferían entre los distintos parámetros de electroterapia utilizados, así como del número de pacientes.

Además, algunos artículos aportaban datos dudosos o incompletos en sus metodologías, no pudiendo ser reproducibles, en caso de considerarlo y siendo arriesgado sacar conclusiones firmes al respecto.

6.2. Prospección del trabajo

La continuidad de este trabajo sería la realización de una Revisión Sistemática, además de la necesidad de realización de ensayos clínicos de mayor calidad.

Se necesita más investigación en el ámbito de la electroterapia basada en la EEF para conseguir una respuesta más sólida y fiable para este tipo de terapia.



7. Conclusión

Esta revisión bibliográfica tiene como objetivo revisar si el tratamiento de electroterapia puede ser efectivo en personas con accidente cerebro vascular.

El uso de la electro estimulación funcional para la recuperación motora de los pacientes con ACVA puede ser beneficioso, siendo este beneficio mayor al combinarse con otros tratamientos como entrenamiento o terapia de espejo.



8. Bibliografía

- 1- Jonasson L-L, Sörbo A, Ertzgaard P, Sandsjö L. Patients' experiences of self-administered electrotherapy for spasticity in stroke and cerebral palsy: A qualitative study. *J Rehabil Med.* 2022;54:jrm00263.doi: 10.2340/jrm.v53.1131. PMID: 34935050; PMCID: PMC8892303.
- 2- Marquez-Chin C, Popovic MR. Functional electrical stimulation therapy for restoration of motor function after spinal cord injury and stroke: a review. *Biomed Eng Online.* 2020;19(1):34.doi: 10.1186/s12938-020-00773-4. PMID: 32448143; PMCID: PMC7245767.
- 3- Jaqueline da Cunha M, Rech KD, Salazar AP, Pagnussat AS. Functional electrical stimulation of the peroneal nerve improves post-stroke gait speed when combined with physiotherapy. A systematic review and meta-analysis. *Ann Phys Rehabil Med.* 2021;64(1):101388. doi: 10.1016/j.rehab.2020.03.012. Epub 2020 May 24. PMID: 32376404.
- 4- Saavedra-García A, Moral-Munoz JA, Lucena-Anton D. Mirror therapy simultaneously combined with electrical stimulation for upper limb motor function recovery after stroke: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Clin Rehabil.* 2021;35(1):39–50. doi: 10.1177/0269215520951935. Epub 2020 Aug 24. PMID: 32830512.
- 5- Galvão WR, Castro Silva LK, Formiga MF, Thé GAP, Faria CDC de M, Viana RT, et al. Cycling using functional electrical stimulation therapy to improve motor function and activity in post-stroke individuals in early subacute phase: a systematic review with meta-analysis. *Biomed Eng Online.* 2024;23(1):1.doi: 10.1186/s12938-023-01195-8. PMID: 38167021; PMCID: PMC10762955.

- 6- Oh Z-H, Liu C-H, Hsu C-W, Liou T-H, Escorpizo R, Chen H-C. Mirror therapy combined with neuromuscular electrical stimulation for poststroke lower extremity motor function recovery: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep.* 2023;13(1):20018.doi: 10.1038/s41598-023-47272-9. PMID: 37973838; PMCID: PMC10654913.
- 7- Furlan JC, Pakosh M, Craven BC, Popovic MR. Insights on the potential mechanisms of action of functional electrical stimulation therapy in combination with task-specific training: A scoping review. *Neuromodulation.* 2022;25(8):1280–8. doi: 10.1111/ner.13403. Epub 2022 Jun 14. PMID: 34031937.
- 8- Shin HE, Kim M, Lee D, Jang JY, Soh Y, Yun DH, et al. Therapeutic effects of functional electrical stimulation on physical performance and muscle strength in post-stroke older adults: A review. *Ann Geriatr Med Res.* 2022;26(1):16–24 PMID: 35313099; PMCID: PMC8984173.
- 9- Kristensen MGH, Busk H, Wienecke T. Neuromuscular electrical stimulation improves activities of daily living post stroke: A systematic review and meta-analysis. *Arch Rehabil Res Clin Transl.* 2022;4(1):100167.
- 10- Almutairi SM, Khalil ME, Almutairi N, Alsaadoon SM, Alharbi DS, Al Assadi SD, et al. Effects of neuromuscular electrical stimulation on spasticity and walking performance among individuals with chronic stroke: A pilot randomized clinical trial. *Healthcare (Basel).* 2023;11(24):3137.
- 11- Lavi C, Elboim-Gabyzon M, Naveh Y, Kalichman L. A combination of long-duration electrical stimulation with external shoulder support during routine daily activities in patients with post-hemiplegic shoulder subluxation: A randomized controlled study. *Int J Environ Res Public.* 2022;19(15):9765. doi: 10.3390/ijerph19159765. PMID: 35955118; PMCID: PMC9368353.

- 12- Kim D-H, Jang S-H. Effects of mirror therapy combined with EMG-triggered functional electrical stimulation to improve on standing balance and gait ability in patient with Chronic Stroke. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(7):3721. doi: 10.3390/ijerph18073721. PMID: 33918288; PMCID: PMC8038158.
- 13- Busk H, Skou ST, Lyckhage LF, Arens CH, Asgari N, Wienecke T. Neuromuscular electric stimulation in addition to exercise therapy in patients with lower extremity paresis due to acute ischemic stroke. A proof-of-concept randomised controlled trial. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2021;30(10):106050. doi: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2021.106050. Epub 2021 Aug 19. PMID: 34418670.
- 14- Chen L, Gu B, Wang Z, Zhang L, Xu M, Liu S, et al. EEG-controlled functional electrical stimulation rehabilitation for chronic stroke: system design and clinical application. *Front Med*. 2021;15(5):740–9. doi: 10.1016/j.fm.2021.05.009. PMID: 34418670.
- 15- Park J-H. Effects of mental imagery training combined electromyogram-triggered neuromuscular electrical stimulation on upper limb function and activities of daily living in patients with chronic stroke: a randomized controlled trial. *Disabil Rehabil*. 2020;42(20):2876–81. doi:10.1080/09638288.2019.1577502
- 16- Norouzi-Gheidari N, Archambault PS, Monte-Silva K, Kairy D, Sveistrup H, Trivino M, et al. Feasibility and preliminary efficacy of a combined virtual reality, robotics and electrical stimulation intervention in upper extremity stroke rehabilitation. *J Neuroeng Rehabil*. 2021;18(1):61. doi: 10.1186/s12984-021-00851-1. PMID: 33853614; PMCID: PMC8045249.
- 17- Minami S, Fukumoto Y, Kobayashi R, Aoki H, Aoyama T. Effect of home-based rehabilitation of purposeful activity-based electrical stimulation therapy for chronic stroke

survivors: a crossover randomized controlled trial. *Restor Neurol Neurosci*. 2021;39(3):173–80. doi: 10.3233/RNN-211157. PMID: 33998561; PMCID: PMC8461679.

18- Shen Y, Chen L, Zhang L, Hu S, Su B, Qiu H, et al. Effectiveness of a novel contralaterally controlled neuromuscular electrical stimulation for restoring lower limb motor performance and activities of daily living in stroke survivors: A randomized controlled trial. *Neural Plast*. 2022;2022:5771634. doi: 10.1155/2022/5771634. PMID: 35069728; PMCID: PMC8767388.

19- Li Z, Guo J, Ge R, Liu C. Rehabilitation effect of core muscle training combined with functional electrical stimulation on lower limb motor and balance functions. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2023;1–8. doi: 10.3233/BMR-230074. PMID: 37781791; PMCID: PMC10977437.

20- Dantas MTAP, Fernani DCGL, Silva TD da, Assis ISA de, Carvalho AC de, Silva SB, et al. Gait training with functional electrical stimulation improves mobility in people post-stroke. *Int J Environ Res Public Health*. 2023;20(9):5728.

21- Ohnishi H, Miyasaka H, Shindo N, Ito K, Tsuji S, Sonoda S. Effectiveness of repetitive facilitative exercise combined with electrical stimulation therapy to improve very severe paretic upper limbs in with stroke patients: A randomized controlled trial. *Occup Ther Int*. 2022;2022:4847363.

22- Brunner I, Lundquist CB, Pedersen AR, Spaich EG, Dosen S, Savic A. Brain computer interface training with motor imagery and functional electrical stimulation for patients with severe upper limb paresis after stroke: a randomized controlled pilot trial. *J Neuroeng Rehabil*. 2024;21(1):10.

- 23- Kim Y-S, Song J-Y, Park S-H, Lee M-M. Effect of functional electrical stimulation-based mirror therapy using gesture recognition biofeedback on upper extremity function in patients with chronic stroke: A randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore)*. 2023;102(52):e36546. DOI: 10.1097/MD.00000000000036546
- 24- Xia X, Dong X, Huo H, Zhang Y, Song J, Wang D. Clinical study of low-frequency acupoint electrical stimulation to improve thumb-to-finger movements after stroke: A randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore)*. 2023;102(47):e35755. DOI: 10.1097/MD.00000000000035755
- 25- Höhler C, Wild L, de Crignis A, Jahn K, Krewer C. Contralaterally EMG-triggered functional electrical stimulation during serious gaming for upper limb stroke rehabilitation: a feasibility study. *Front Neurobot* 2023;17:1168322.doi: 10.3389/fnbot.2023.1168322. PMID: 37304665; PMCID: PMC10248145.
- 26- Matsumoto S, Shimodozono M, Noma T, Miyara K, Onoda T, Ijichi R, et al. Effect of functional electrical stimulation in convalescent stroke patients: A multicenter, randomized controlled trial. *J Clin Med*. 2023;12(7).
- 27- Mijic M, Schoser B, Young P. Efficacy of functional electrical stimulation in rehabilitating patients with foot drop symptoms after stroke and its correlation with somatosensory evoked potentials-a crossover randomised controlled trial. *Neurol Sci*. 2023;44(4):1301–10.
- 28- Ambrosini E, Gasperini G, Zajc J, Immick N, Augsten A, Rossini M, et al. A robotic system with EMG-triggered functional electrical stimulation for restoring arm functions in stroke survivors. *Neurorehabil Neural Repair*. 2021;35(4):334–45. doi: 10.1177/1545968321997769. Epub 2021 Mar 3. PMID: 33655789.

- 29- Khan F, Rathore C, Kate M, Joy J, Zachariah G, Vincent PC, et al. The comparative efficacy of theta burst stimulation or functional electrical stimulation when combined with physical therapy after stroke: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2019;33(4):693–703. doi:10.1177/0269215518820896
- 30- Chen C-C, Tang Y-C, Hsu M-J, Lo S-K, Lin J-H. Effects of the hybrid of neuromuscular electrical stimulation and noxious thermal stimulation on upper extremity motor recovery in patients with stroke: a randomized controlled trial. *Top Stroke Rehabil.* 2019;26(1):66–72. doi:10.1080/10749357.2018.1540458
- 31- Mitsutake T, Sakamoto M, Horikawa E. The effects of electromyography-triggered neuromuscular electrical stimulation plus tilt sensor functional electrical stimulation training on gait performance in patients with subacute stroke: a randomized controlled pilot trial: A randomized controlled pilot trial. *Int J Rehabil Res.* 2019;42(4):358–64. doi: 10.1097/MRR.0000000000000371. PMID: 31567484.
- 32- Moon J-H, Cho H-Y, Hahm S-C. Influence of electrotherapy with task-oriented training on spasticity, hand function, upper limb function, and activities of daily living in patients with subacute stroke: A double-blinded, randomized, controlled trial. *Healthcare (Basel).* 2021;9(8):987. doi: 10.3390/healthcare9080987. PMID: 34442124; PMCID: PMC8392129.

9. Anexos

Tabla 1. Uso de la electroterapia con entrenamiento físico

Ensayo Clínico	Tipo de electroterapia y parámetros utilizados	Número de pacientes y duración de las sesiones	Ganancia en la funcionalidad motora y síntoma por reducir	Escala PEDro
Almutairi et al., 2023 (10)	Tipo de electroterapia: ENM Parámetros: Frecuencia: 80 hz	Duración de las sesiones: 30 minutos Nx/ctrl:9 Nx/exp:10	Se redujo la espasticidad causante de pie equino. Se analizó con la escala de Ashworth modificada (EAM). (p= 0,006) Aumentó la capacidad de marcha. Se analizó con el test de 10 metros de marcha (p=0,96)	9
Lavi et al., 2022(11)	Tipo de electroterapia: ENM Parámetros: Duración:250 μ s	Duración de las sesiones: De 10 minutos a 60 minutos	Los centímetros ganados por la subluxación de hombro se redujeron. Esto midió usando la	

	<p>Frecuencia: 35 Hz</p> <p>Tiempos de encendido/apagado: 2,5 s/2,5 s</p>	<p>Nx/ctrl: 10</p> <p>Nx/exp: 8</p>	<p>distancia entre el acromion y la cabeza de humero. (p=0,0045)</p> <p>La función motora aumento en las extremidades superiores. Se analizó con la evaluación de Fugl-Meyer (EFM) (p=0,016)</p> <p>El rango articular aumentó en la extensión de los dedos de las manos. Se analizo con la EFM. (p=0,038)</p>	9
<p>Busk et al., 2021 (13)</p>	<p>Tipo de electroterapia: ENM</p> <p>Parámetros:</p> <p>Fase Calentamiento:</p> <p>Frecuencia: 5 hz</p> <p>Intervalo activo/apagado: 0,5 s</p>	<p>Duración de las sesiones: 25 minutos</p> <p>Nx/ctrl: 24</p> <p>Nx/exp: 23</p>	<p>Se mejoró la velocidad al caminar, los cambios de sentado a bipedestación, equilibrio en la marcha y distancia de recorrido. Se uso el test de 6 minutos de marcha, el test 10</p>	

	<p>y 1,5 s</p> <p>Fase de contracción y descanso:</p> <p>Frecuencia: 50 hz</p> <p>Intervalo encendido/apagado: 7s/7s</p> <p>Fase de recuperación:</p> <p>Frecuencia: 3Hz</p> <p>Duración: 0.5s</p>		<p>metros de marcha y la EFM. No hubo diferencias entre el grupo de control y el experimental (p=N/A)</p>	7
<p>Minami et al., 2021 (17)</p>	<p>Tipo de electroterapia: N/A*</p> <p>Parámetros:</p> <p>Frecuencia: 36 hz</p>	<p>Nx/exp: 8</p> <p>Duración de las sesiones: 10-20 minutos</p>	<p>Mejóro la función motora y el uso de las extremidades superiores en el lado hemiparético. Se analizó con la EFM. (p=0,005)</p>	8
<p>Li et al., 2024 (19)</p>	<p>Tipo de electroterapia: TENS (rectangulares bifásicas)</p> <p>Parámetros:</p> <p>Intensidad: 0-30 mA</p> <p>Frecuencia: 80 hz</p>	<p>Duración de las sesiones: 20 minutos</p> <p>Nx/ctrl: 60</p> <p>Nx/exp: 60</p>	<p>Mejoro la fuerza en los miembros inferiores. Se analizó con el test de 10 metros de marcha. (p<0,01)</p> <p>Aumentó el equilibrio</p>	7

	Duración:700 ms		dado por los miembros inferiores. Se analizó con la escala Berg de equilibrio (EBE). (p<0,01)	
Dantas et al., 2023 (20)	Tipo de electroterapia: FES Parámetros: N/A	Duración de las sesiones: 30 minutos Nx/ctrl: 14 Nx/exp: 14	Aumentó la función motora de los miembros inferiores. Se analizó con la EFM. (p=0,002) Se mejoró la capacidad de marcha. Esta se analizó con el test de 10 metros de marcha. (p=0,07). Se incrementó la capacidad de equilibrio. Se midió con la EBE. (p=0,003)	7
Ohnishi et al., 2022 (21)	Tipo de electroterapia: ENM Parámetros: Frecuencia: 50 hz Duración: 50 µs	Duración de las sesiones: 20 minutos Nx/ctrl: 51	Reducción de la parálisis motora, sobretodo en partes distales donde se aumento el movimiento de la muñeca y de los	7

	Intensidad: Dosificación de grado 3, la máxima posible sin llegar al dolor.	Nx/exp: 48	dedos. Se analizo con el uso del test de función de dedos de la escala SIAS. (p=N/A)	
Khan et al., 2019 (29)	Tipo de electroterapia: EEF Parámetros: Frecuencia:35 hz Duración 200 ms Intensidad: 10-50 mA	Duración de las sesiones:30 minutos Nx/ctrl:20 Nx/exp: 20	Mejóro la funcionalidad de la mano y la función motora de los miembros superiores. Se analizó con la EFM. (p<0,05)	8
Chen et al., 2019 (30)	Tipos de electroterapia: ENM Parámetros: Frecuencia: 50 hz Duración: 200 µs Intervalo encendido/apagado: 10/10 s	Número de pacientes:38 Duración de las sesiones: 30 minutos Nx/ctrl: 26 Nx/exp: 12	Mejóro la función motora de los miembros superiores. Se analizó con la EFM. (p=0,49) Mejóro la funcionalidad de las extremidades del lado parético. Se Examinó con el índice de Barthel. (p=0,71)	8
Matsumoto et al., 2023 (26)	Tipos de electroterapia:	Duración de las sesiones: 40	Mejóro la fuerza en la extensión y flexión de	

	EEF(corrientes isométricas bifásicas) Parámetros: Duración: 25–300 μ s Periodo de estimulación: 3 s	minutos Nx/ctrl: 92 Nx/exp: 92	rodilla junto a la flexión dorsal de tobillo. Se examino con el test de 6 minutos de marcha. (p=0,26)	7
Mijic et al., 2023 (27)	Tipo de electroterapia: EEF Parámetros: Duración 200-300 μ s Frecuencia: 30-50 hz Intensidad: 15-45 mA	Duración de las sesiones: 30 minutos Nx/ctrl: 16 Nx/exp: 16	Mejoró la capacidad de la marcha. Se analizo con el test de 10 metros de marcha. (p>0,05) Aumento la fuerza de los miembros Inferiores. Se examino usando el sistema de clasificación pruebas musculares. (p= 0.045)	7
Moon et al., 2021 (32)	Tipo de electroterapia: TENS Parámetros: Frecuencia: 100 hz Duración: 200 μ s Intensidad: hasta la contracción muscular	Duración de las sesiones: 30 minutos Nx/ctrl: 21 Nx/exp: 22	Disminuyó la espasticidad en los miembros superiores. Analizada por la EAM. (p=0,106) Mejoro la funcionalidad en los	

			miembros superiores. Se analizó con el test de función manual. (p=0,003) Mejoró la funcionalidad en las actividades de la vida diaria. Se examinó con el índice de Barthel modificado. (p=0,114)	9
--	--	--	---	---

Nx/ctrl: Número de pacientes en grupos de control.

Nx/exp: Número de pacientes en grupos de tratamiento experimentales.

N/A: Información no encontrada.

p: Valor que representa la diferencia de dos resultados

Tabla 2. Uso electroterapia con otras terapias

Ensayo clínico	Tipo de electroterapia y parámetros utilizados	Duración de las sesiones, número de los pacientes y terapia complementaria utilizada	Ganancia en la funcionalidad motora y síntoma por reducir	Escala PEDro
Kim y Jang., 2021 (12)	Tipo de electroterapia: EEF activada por electromiografía (EMG) Parámetros: Frecuencia: 35 hz Intensidad: 10-20mA Intervalo encendido/apagado: 7/5 s	Duración de las sesiones: 30 minutos Nx/ctrl:40 Nx/exp:20 Terapia complementaria: terapia de espejo	Mejoró la capacidad de marcha. Esto se analizo con el test de 10 metros de marcha. (p=0,002) Se incremento el equilibrio en la marcha. Se utilizo EBE. (p=0,019)	7
Chen et al., 2021 (14)	Tipo de electroterapia: EEF complementada con EMG Parámetros: Frecuencia:25 hz Intervalo	Duración de las sesiones: 40 minutos Nx/ctrl:: Nx/exp:	Mejoró la función motora de los miembros superiores y aumento su fuerza muscular. Se evaluó con la EFM. (p=0,009)	8

	encendido/apagado: 5/6 s Intensidad: la suficiente para realizar la extensión de muñeca	Terapia complementaria: biofeedback		
Park, 2019 (15)	Tipo de electroterapia: ENM combinado con EMG Parámetros: Frecuencia: 35 hz Duración: 200 μ s Intensidad: 15-30mA	Duración de las sesiones: 30 minutos Nx/ctrl: 34 Nx/exp: 34 Terapia complementaria: Terapia imaginaria motora	Se mejoraron la función motora de los miembros superiores y la funcionalidad de las actividades de la vida diaria. Se utilizó el ARAT para el análisis de la función motora. (p=0,789)	8
Norouzi et al., 2021 (16)	Tipo de electroterapia: ENM combinado con EMG Parámetros: N/A	Duración de las sesiones: 30 minutos Nx/ctrl:18 Nx/exp:10	Se mejoraron la función motora de los miembros superiores y la funcionalidad de las manos afectadas. Se analizó usando la EFM. (p>0,05)	7

		Terapias complementarias: realidad virtual y robótica		
Shen et al., 2022(18)	Tipo de electroterapia: ENM (corriente bifásica rectangular isométrica) Parámetros: Duración: 200 μ s Frecuencia: 60 hz Intensidad: la necesaria para la flexión dorsal de tobillo	Duración de las sesiones: 15 minutos Nx/ctrl:21 Nx/exp:21 Terapia complementaria: N/A	Mejoro la funcionalidad en los miembros paréticos. Se utilizo el índice de Barthel. (p=0,026) Mejoró el equilibrio y el control motor de los miembros inferiores. Se analizó con la EFM. (p=0,018)	10
Brunner et al 2024 (22)	Tipo de electroterapia: EEF Parámetros: Frecuencia: 50hz Duración 300 μ s Intensidad: hasta la extensión de los dedos y muñeca	Duración de las sesiones: N/A Nx/ctrl:20 Nx/exp:15 Terapia complementaria: Terapia imaginaria motora y	Mejoró la función motora en los miembros superiores. Se analizó con la EFA. (p=0,406)	7

		biofeedback		
Kim et al., 2023 (23)	Tipo de electroterapia: EEF combinado con EMG Parámetros: N/A	Duración de las sesiones: 30 minutos Nx/ctrl:12 Nx/exp:12 Terapias complementarias: terapia de espejo con biofeedback	Mejoró la función motora de las extremidades superiores y de la mano. Se analizó con la EFA. (p<0,05) Aumento el rango articular de los movimientos del antebrazo. Este se medió con el uso de dispositivos móviles. (p<0,05)	7
Xia et al., 2023 (24)	Tipo de electroterapia: estimulación eléctrica de baja frecuencia Parámetros: Frecuencia: 50 hz Duración: 0.3 ms Intensidad: debía ser tolerada por el paciente	Duración de las sesiones: 30 minutos Nx/ctrl:29 Nx/exp:28 Terapia complementaria: acupuntura	Mejoró la función motora de la mano. Se usó la puntuación Brunnstrom de función de la mano. (p=0,033) Aumento la fuerza y la activación de fibras musculares en los miembros superiores. Se	9

			<p>examinó con la clasificación Lovett de la fuerza muscular. (p=0,031)</p> <p>Redujo el nivel de discapacidad causado por el ictus. Se analizó con la escala China de déficit neurológico de ACVA clínico. (p=0,027)</p>	
Höhler et al., 2023 (25)	<p>Tipo de electroterapia: EEF (corrientes rectangulares bifásicas)</p> <p>Parámetros: Frecuencia: 35 hz Duración: 250 µs Intervalo encendido/apagado: 2/1 s</p>	<p>Duración de las sesiones:30 minutos</p> <p>Nx/ctrl:9</p> <p>Nx/exp:9</p> <p>Terapia complementaria: Realidad virtual</p>	<p>Aumentó la fuerza en los movimientos de la mano y el control motor de los miembros superiores.</p> <p>Se midió con el Índice de carga de tareas de la NASA. (p=0,002)</p>	7
Ambrosini et al., 2021 (28)	<p>Tipo de electroterapia: EEF combinado con EMG</p>	<p>Duración de las sesiones:30 minutos</p>	<p>Aumentó la funcionalidad de los miembros superiores</p>	

	Parámetros: Frecuencia: 25hz Duración: 300 µs Intensidad: la necesaria para la activación muscular	Nx/ctrl:31 Nx/exp:31 Terapia complementaria: Robótica	junto con la motricidad gruesa y fina. Se examinó con el ARAT. (p=0,002)	8
Mitsutake et al., 2019 (31)	Tipo de electroterapia: ENM combinado con EMG Parámetros: Frecuencia: 20 hz Duración: 300 µs Intensidad: la necesaria para la activación muscular	Duración de las sesiones: 20 minutos Nx/ctrl:24 Nx/exp:11 Terapia complementaria: biofeedback	Aumento el equilibrio de la marcha, la función motora de los miembros inferiores y la velocidad marcha. Se analizó con el test de 10 metros de marcha. (p=0,621)	8

Nx/ctrl: Número de pacientes en grupos de control.

Nx/exp: Número de pacientes en grupos de tratamiento experimentales.

N/A: Información no encontrada.

p: Valor que representa la diferencia de dos resultados