

# Trabajo de Fin de Grado. Fisioterapia

*Eficacia de la electroterapia en el tratamiento de los trastornos motores secundarios al Ictus.*



ULL

---

Universidad de La Laguna

Corviniano González Hernández



# ÍNDICE

<b>RESUMEN/ABSTRACT .....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>4</b>
1.- Importancia epidemiológica de los ictus	
2.- Principales déficits susceptibles de tratamiento fisioterápico tras un ictus	
3.- Valoración terapéutica actual de los trastornos motores desde el ámbito de la fisioterapia.	
4.- Utilidad de la electroterapia en los trastornos motores tras un ictus	
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
<b>MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>13</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>14</b>
<b>A.- Efecto de la estimulación eléctrica sobre la espasticidad</b>	
1. - Concepto de espasticidad	
2. - Mecanismos de acción de la electro-estimulación sobre la espasticidad.	
3. - Protocolos de actuación	
4. – Resultados y discusión de distintos artículos	
<b>B.- Efecto de la estimulación eléctrica sobre la subluxación del hombro y el dolor</b>	
<b>C.- Efecto de la estimulación eléctrica sobre la actividad motora y funcional del miembro superior</b>	
<b>D.- Efecto de la estimulación eléctrica sobre el pie equino y la la marcha</b>	
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>38</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>40</b>

## Resumen del Trabajo

El ictus es la causa más frecuente de discapacidad neurológica en el adulto. Entre los trastornos más frecuentes tratados en fisioterapia se incluyen la parálisis, la espasticidad y la subluxación y el dolor en el hombro entre otros. El objetivo del presente trabajo fue realizar un estudio sobre la posible eficacia de la electroterapia en estos déficits, así como en la alteración funcional de la marcha en pacientes con secuela de un ictus. Para ello se realizó una revisión bibliográfica en las principales bases de datos centrandó nuestro estudio fundamentalmente en revisiones sistemáticas. Se seleccionaron 18 artículos y los clasificamos en tres apartados: Tratamiento con electroterapia de la espasticidad, tratamiento con electroterapia de diversos aspectos relacionados con el miembro superior (dolor, subluxación, recuperación motora o funcional) y tratamiento con electroterapia para la mejora funcional de la marcha. La estimulación eléctrica funcional se muestra útil para el tratamiento de la espasticidad y de la subluxación de hombro cuando es utilizada de forma precoz. Utilizada para la estimulación peroneal durante la marcha ofrece las mismas ventajas que una ortesis convencional. En conclusión, existe evidencia suficiente como para afirmar que la estimulación eléctrica representa una importante herramienta para la rehabilitación de distintos trastornos en pacientes con ictus.

Nowadays stroke is the most common cause of neurological disability in adult population. Among the most commonly treated disorders in physiotherapy are included paralysis, spasticity and other secondary disorders such as subluxation and shoulder pain. The aim of this article was to deal with studies about the effectiveness of electrotherapy in these deficiencies, as well as functional gait disturbance in patients with stroke sequels. For that reason, it was made a bibliographic review, searching on main databases and focusing on systematic reviews. According to our selection criteria there were chosen 18 articles obtained in 3 sections, there were: electrotherapy as treatment for spasticity; electrotherapy as treatment for diverse aspects on the upper limb (pain, subluxation, motor recovery or functional recovery) and electrotherapy as treatment for functional improvement on the gait. Functional electrical stimulation is shown useful for the spasticity treatment and shoulder subluxation. In addition, the advantages for patients with clubfoot. However, the results do not seem so effective in the acute pain treatment and its effectiveness referred to the AFO ferules is similar. In conclusion, there is enough evidence to say that electrical stimulation is an important tool for the rehabilitation of various disorders in stroke patients.

**Key Words: Stroke, functional electrical stimulation, functional recovery, electrotherapy treatment.**

# INTRODUCCIÓN

## Concepto e importancia epidemiológica de los ictus

La enfermedad cerebrovascular es un problema de salud de primer orden por su alta frecuencia y por su impacto tanto sobre los enfermos y sus familias como sobre la sociedad. Según la Organización Mundial de la Salud, el término ictus o accidente cerebro-vascular hace referencia al déficit neurológico focal de origen vascular y de instauración aguda o subaguda.<sup>1</sup>

Su incidencia en España se estima en torno a 150-250 casos por 100.000 habitantes/año y con una prevalencia de 500 personas x 100.000 habitantes.<sup>2</sup> El gasto sanitario asociado al ictus es enorme (3-5% del gasto total de la sanidad en países de nuestro entorno). Teniendo en cuenta el incremento de su incidencia con la edad (3 de cada 4 pacientes son mayores de 65 años), su carácter crónico y el acopio de recursos necesario para su adecuado tratamiento, el ictus supone una pesada carga para la financiación de los sistemas de salud en los países desarrollados, una carga que con el envejecimiento progresivo de la población (según la OMS España dispondrá en el año 2050 de una de las poblaciones más envejecidas del mundo) se incrementará durante las próximas décadas.

En España el ictus cerebral constituye la segunda causa de mortalidad en el hombre y la primera en la mujer.<sup>3</sup> La mortalidad del ACV asciende, hasta el 21-25% en la fase aguda, siendo más frecuente si la causa es hemorrágica (50%) que cuando es isquémica (20-25%).

Además, es el principal responsable de discapacidad física grave en el adulto. Prueba de ello es que el 30% de los supervivientes requieren alguna asistencia para las actividades de la vida diaria, el 20% necesitan ayuda para la deambulación y el 16 % precisan atención en centros especializados.<sup>3</sup> En pacientes mayores de 60 años, la incidencia de ictus con discapacidad residual grave a los seis meses es de 75 por 10.000 personas.

La especialidad de Medicina Física y Rehabilitación, por definición, es la responsable del diagnóstico, evaluación, prevención y el tratamiento de la discapacidad encaminados a facilitar, mantener o devolver el mayor grado de capacidad funcional e independencia posible al paciente. Se trata de una labor multidisciplinar donde se aúnan el trabajo de diferentes profesionales en los que se incluye la fisioterapia. Dada la gran variedad de déficits y discapacidades que provocan los ictus la valoración desde el ámbito de la rehabilitación debe de ser amplia. Se utiliza la Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud (CIF) definida por la OMS en el año 2001.

Las deficiencias resultantes de un ictus dependen de la localización de la lesión. Dentro de los déficits que padecen los pacientes que han sufrido un accidente cerebrovascular se puede encontrar los siguientes<sup>4</sup>:

- Trastorno motor (hemiparesia, trastorno del tono muscular, trastorno de la coordinación, equilibrio, trastorno de la marcha)
- Trastornos sensoriales (visuales, sensitivos...)
- Trastornos de la comunicación (disartria, afasia)
- Trastorno de la deglución (disfagia)
- Trastornos cognitivos (apraxias, negligencia...)
- Trastornos del humor (depresión)

	<b>Motor</b> Hemiparesia	<b>Sensitivo</b>	<b>Comunicación</b> Afasia	<b>Visual</b> Hemianopsia	<b>Cognitiva</b>	<b>Emocional</b> Depresión mayor
<b>Inicio</b>	92-73%	55-25%	46-20%	30-10%	47-20%	40-30%
<b>6º mes</b>	50-37%	25%	20-10%	10%	30-15%	30-15%

**Tabla 1.:** Prevalencia de los déficits (Sánchez Blanco. Monográfico sobre Rehabilitación de pacientes tras accidente cerebrovascular. Rehabilitación. 2000; 36: 395-518)

Como se muestra en la tabla 1, de los pacientes que sobreviven a un ictus, el trastorno motor generalmente una hemiparesia contralateral, es el déficit más frecuente afectando hasta a un 73-92% de los pacientes según los estudios. Este trastorno permanece a los 6 meses hasta en un 50% de los pacientes. Aunque en la fase aguda tras la lesión la mayoría de los pacientes experimenta cierto grado de recuperación motora, alrededor del 60 % de las personas que sobreviven a un ictus no recuperan el estado funcional basal de la extremidad superior y, por tanto, sufren una grave limitación de la motricidad y de la funcionalidad, que se mantiene en las fases crónicas.

Los trastornos motores son por tanto los que se presentan con mayor frecuencia y tanto la parálisis como los trastornos del tono muscular (hipertonía espástica) o incluso otros déficits como el dolor producido por la propia lesión (dolor talámico por ejemplo), o el secundario que aparece por el padecimiento de los propios trastornos o déficits primarios (dolor producido por contracturas, subluxación de hombro, espasticidad....), son tratados por el fisioterapeuta utilizando distintos medios físicos y diferentes técnicas. Estos déficits serán además los responsables de la limitación funcional de muy diferentes actividades. En la siguiente tabla (2) se muestra el porcentaje de pacientes que tras sufrir un ictus presenta limitación para la realización de diferentes actividades de la vida diaria en el momento del ictus y seis meses después.<sup>4</sup>

<b>Discapacidad</b>	<b>% ictus agudo</b>	<b>% 6 meses</b>
Dependiente en ABVD	85	50
Incontinencia intestinal	35	10
Incontinencia vesical	50	20
Asistencia en higiene	56	13
Asistencia en alimentación	68	33
Asistencia en vestido	79	31
Ayuda trasferencias cama silla	70	19
Ayuda trasferencias WC	68	20
Marcha no independiente	80	35

**Tabla 2.:** Prevalencia de la discapacidad (Sánchez Blanco. Monográfico sobre Rehabilitación de pacientes tras accidente cerebrovascular. Rehabilitación 2000; 36: 395-518.

También desde el ámbito de la fisioterapia se aborda el tratamiento de la limitación funcional utilizando distintas técnicas y/o herramientas. Así por ejemplo para la facilitación de la marcha podemos utilizar técnicas que incluyan marcha sobre cinta rodante y con suspensión del peso corporal y electroterapia (FES para facilitar la elevación del pie durante la marcha).

La estrategia neurorehabilitadora estará orientada en dos direcciones, recuperar los déficits y, cuando esto no sea posible, sustituir las funciones perdidas o deterioradas por otras que permitan una restitución funcional. En definitiva, el tratamiento rehabilitador ha de estar orientado a la discapacidad.

El déficit motor, principalmente la parálisis y el trastorno del tono muscular (la espasticidad), junto con el dolor motivado por distintas circunstancias, son los trastornos que con más frecuencia se someten a tratamiento fisioterápico en los pacientes con ictus.

Actualmente en el ámbito del ictus, la tendencia es hacia el desarrollo de programas centrados en la solución de problemas específicos. Las técnicas empleadas las podemos clasificar en tres modalidades, técnicas de compensación, técnicas facilitadoras y técnicas de re-aprendizaje motor orientado a tareas. Las técnicas facilitadoras incluyen distintos métodos como la terapia del neurodesarrollo (Bobath), el método de movimiento de Brunnstrom o el método de facilitación neuromuscular propioceptiva (Kabat). Estas técnicas, basadas en las teorías del control jerárquico del movimiento o del control motor reflejo asociado a las aferencias sensitivas, han sido las más utilizadas durante los últimos 40 años. Sin embargo, hay una tendencia creciente a desplazar el esfuerzo terapéutico de la fisioterapia hacia técnicas como el re-aprendizaje motor orientado a tareas y otras técnicas asociadas. El re-aprendizaje motor está orientado al entrenamiento de tareas motoras específicas de utilidad funcional. La evidencia cada vez más amplia de que el sistema nervioso dispone de una gran capacidad plástica para adaptarse a los déficits inducidos por el daño neuronal, ha operado a favor del desarrollo progresivo de estas técnicas. Para alcanzar los objetivos funcionales el fisioterapeuta utiliza distintas herramientas como puede ser la facilitación de la



marcha con cinta rodante y suspensión parcial del peso corporal, la utilización de medios físicos como la electroterapia.<sup>5</sup>

Junto con la parálisis, uno de los trastornos más frecuentes y potencialmente invalidantes es la hipertonia espástica. La hipertonia se desarrolla en el ictus de forma progresiva a lo largo de las semanas que siguen a la lesión. En su patrón de distribución predominan los músculos antigravitatorios, por lo que en el miembro superior la espasticidad frecuentemente induce la aducción de hombro y la flexión de codo, muñeca y dedos, mientras que en el miembro inferior facilita la extensión de cadera, rodilla y tobillo. El aumento de tono muscular junto al desajuste entre músculos agonistas y antagonistas facilitará el desarrollo de alteraciones en la elasticidad, plasticidad y viscosidad de los tejidos blandos, lo que conducirá a fibrosis en músculos y estructuras adyacentes, facilitando así contracturas fijas, retracciones, deformidades osteoarticulares y dolor.<sup>48/6</sup> Desde el punto de vista funcional, la espasticidad reduce la habilidad manual, y puede dificultar el equilibrio y la marcha. Sin embargo, en ocasiones la espasticidad es funcionalmente útil. Así por ejemplo la hipertonia del cuádriceps puede facilitar la bipedestación y la marcha del paciente hemipléjico. Por estos motivos su abordaje terapéutico debe realizarse siempre con objetivos funcionales. En general se recomienda iniciar el tratamiento con terapias físicas. El tratamiento fisioterápico precoz podría prevenir o disminuir el impacto de la espasticidad (cinesiterapia, estiramientos de la musculatura espástica y electro-estimulación).

El hombro doloroso es una complicación frecuente en el brazo pléjico (30% de los pacientes con ictus lo sufren durante el primer año) que disminuye la movilidad del miembro superior, dificulta el sueño, disminuye la colaboración en la rehabilitación y afecta a otras actividades como las transferencias o el equilibrio. Son más frecuentes en el lado izquierdo donde suele presentarse especialmente a los 2-3 meses post-ictus. Su aparición se ha asociado a la subluxación glenohumeral inferior producida en las primeras etapas post-ictus como consecuencia de la parálisis flácida, sub-luxación que, en sujetos con trastornos degenerativos preexistentes, facilitaría el daño por sobrecarga de los tejidos blandos peri-

articulares. A estas posibles causas se añaden los traumatismos repetidos, las maniobras inadecuadas del hombro, la espasticidad de la musculatura escapular y el síndrome doloroso regional complejo tipo 1 (particularmente habitual en pacientes que combinan el trastorno motor con un déficit sensitivo y visual). El dolor del hombro es generalmente una complicación que debe prevenirse. La colocación correcta del hombro y la educación de los cuidadores para evitar traumatizar el hombro del paciente durante las transferencias asistidas son medidas preventivas útiles. En pacientes con escasa actividad motora, durante los periodos de encamamiento se recomienda mantener el hombro en rotación externa y abducción a 45° y el codo en flexión a 90°. Al realizar movilizaciones del hombro habrá que combinar la rotación externa con la flexión y abducción, evitando siempre la elevación del codo por encima de la cabeza para evitar el daño de tejidos blandos por conflicto subacromial. Aunque no se ha demostrado que los soportes de hombro mejoren en los casos de sub-luxación la coaptación gleno-humeral, su utilización temporal durante las maniobras de transferencia evita las maniobras inadecuadas y los traumatismos. Se ha sugerido que la estimulación eléctrica funcional aplicada precozmente previene la subluxación de hombro y, con ello, el hombro doloroso.<sup>7</sup>

Hasta aquí hemos visto el enfoque fisioterapéutico de algunos trastornos motores tras un ictus. Uno de los medios físicos más utilizados en fisioterapia y especialmente en el ámbito de las enfermedades neurológicas que puede utilizarse para mejorar estos déficits es la electroterapia. A continuación, se comentará la posible utilidad de la electroterapia en los trastornos neurológicos.

La estimulación eléctrica neuromuscular (EENM) consiste en la aplicación de corriente eléctrica para obtener una contracción muscular.

Las contracciones musculares estimuladas eléctricamente han demostrado su eficacia en una amplia gama de cuadros clínicos, como el fortalecimiento en el contexto de cuadros ortopédicos, el fortalecimiento y la mejoría del control motor

en pacientes con trastornos neurológicos, la mejoría del rendimiento deportivo, la disminución del edema y ocasionalmente para otras aplicaciones.

En el campo de la ortopedia y basándose en los principios de sobrecarga y especificidad, la estimulación eléctrica puede acelerar la recuperación tras circunstancias donde la inmovilización y el reposo (por ejemplo, tras intervenciones), inducen atrofia de las fibras de tipo II. Así tras una cirugía articular de rodilla, por ejemplo, el rendimiento funcional depende en gran medida de la fuerza de los músculos que soportan la articulación, y la estimulación eléctrica puede favorecer su fortalecimiento.

Además, el envejecimiento contribuye a la disminución del tamaño de las fibras de tipo II y del número de fibras de tipo I y de tipo II. En varios estudios se ha comprobado que la combinación de EENM con ejercicio voluntario mejora la fuerza del cuádriceps.<sup>8,9,10</sup>

La estimulación eléctrica se ha usado tradicionalmente para aumentar la fuerza y la funcionalidad en pacientes con cuadros ortopédicos cuando sistema nervioso central (SNC) y periférico esté intacto.

Pero la estimulación eléctrica también puede incrementar la fuerza y mejorar el control motor en pacientes con trastornos del SN. Se suele emplear, generalmente en lesiones del sistema nervioso periférico que producen parálisis parciales sin alteración del tono muscular. Su objetivo inicial además de facilitar la recuperación motora, es evitar la amiotrofia por desuso. Con respecto a las lesiones del sistema nervioso central en el pasado se creía que la estimulación eléctrica podía incrementar la espasticidad y, por tanto, esta técnica se consideraba perjudicial. Actualmente diversos estudios han aportado pruebas suficientes para afirmar que la estimulación eléctrica de superficie es una herramienta más en la rehabilitación de las personas con hipertonía.<sup>8,11,12</sup> Se han publicado artículos que demuestran que la estimulación eléctrica también puede incrementar la fuerza y mejorar el

control motor en pacientes con trastornos del SNC, como los que se ven en las lesiones medulares (LM), el ictus y otros cuadros, siempre y cuando los nervios motores periféricos estén intactos.

En concreto en los pacientes hemipléjicos se han propuesto varios efectos terapéuticos como el fortalecimiento muscular, la inhibición de la espasticidad del antagonista, la corrección de contracturas, la prevención de la subluxación del hombro y la facilitación del control motor voluntario.

Estos efectos pueden ser consecuencia directa del fortalecimiento muscular, pero también pueden estar influenciados por el aumento de la excitabilidad general del grupo de moto-neuronas producido por la estimulación eléctrica a nivel motor que favorece el control descendente del reclutamiento muscular.

Las aferencias sensitivas producidas siempre por la estimulación a nivel motor pueden aportar una pista para que el paciente inicie un movimiento o para que active un determinado grupo muscular, o bien pueden promover una contracción motora refleja

La estimulación sensitiva sin estimulación a nivel motor también puede favorecer la plasticidad cerebral y las eferencias motoras corticales. La estimulación a nivel sensitivo modelada utilizando un estímulo sensitivo intermitente, con un tiempo de encendido y de apagado, pero sin estimulación de contracciones musculares, puede favorecer el control motor al potenciar la inhibición recíproca de los músculos antagonistas.<sup>13</sup>

La estimulación eléctrica neuromuscular (EENM) puede integrarse en la realización de actividades funcionales estimulando contracciones en las que el músculo debería contraerse durante una actividad. Un ejemplo de esto es la estimulación del músculo tibial anterior para producir flexión dorsal durante la fase de balanceo de la marcha. Esto es lo que se conoce como estimulación eléctrica

funcional o con sus siglas anglosajonas FES. El FES tiene unas características específicas que la hacen distinta de otras formas de estimulación eléctrica. El rango de frecuencia utilizado está entre 10 y 50 HZ y estimula directamente los nervios o sus puntos motores, no las fibras musculares. Por otra parte, en comparación con otras formas de dispositivos de estimulación eléctrica, el FES se puede utilizar para provocar la estimulación eléctrica en una secuencia y magnitud específica, que puede ser utilizado para crear la actividad muscular necesaria para el desempeño de una tarea funcional. <sup>13</sup>

Dado que el ictus es, como hemos comentado, la enfermedad neurológica más frecuente en el adulto en nuestro medio, y que, por otro lado, la electroterapia es uno de los medios con los que cuenta el fisioterapeuta para facilitar la recuperación de los trastornos motores, se pretende en este trabajo realizar una revisión de la bibliografía existente actual sobre su utilidad real en los diferentes déficits (parálisis, espasticidad...) y alteraciones funcionales (trastornos de la marcha...) así como conocer los principales protocolos para ello.

## **OBJETIVO DEL PRESENTE TRABAJO**

1.- Realizar una revisión bibliográfica sobre la efectividad de la electroterapia en los distintos déficits y trastornos funcionales en pacientes que han sufrido un ictus.

2.- Realizar una revisión sobre los posibles mecanismos que intervienen en su actuación.

3.- Realizar una revisión bibliográfica sobre los protocolos más efectivos en diferentes trastornos.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

Se ha realizado una búsqueda bibliográfica de artículos y publicaciones en las bases de datos: Medline, "PubMed" PEDro, Punto Q y Google Académico utilizando como palabras claves: "stroke", "physiotherapy", "rehabilitation" spasticity ", "hemiparesis funcional electric stimulation", "neuromotor electrical stimulation",

“estimulación eléctrica funcional”, “electroterapia en el ictus”, “functional treatment after stroke”, así como también se han realizado búsquedas en diferentes libros y revistas de la biblioteca de la Universidad de La Laguna.

A partir de las referencias bibliográficas obtenidas, se seleccionaron aquellas que presentaban revisiones bibliográficas extensas o tenían un interés y unos objetivos más directamente relacionados con los objetivos de estudio.

En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos, tras usar las palabras clave se encontraron un total de 92 artículos. De los cuales se seleccionaron aquellos artículos que reunían los criterios de inclusión del estudio (que fueran revisiones bibliográficas, recientes, publicados en revistas...). Sólo 18 artículos fueron incluidos en este estudio divididos en los siguientes apartados:

Stroke, rehabilitation, electrical stimulation:	
92 resultados de búsqueda	
→	FES en la espasticidad y tratamiento del dolor:4
→	Electroterapia en el Miembro superior: 9
→	Electroterapia miembro inferior pie caído: 3
→	EENM con Toxina Botulínica A: 1
→	FES Terapia Frente a Espejo: 1

**Tabla 3:** Búsqueda de artículos para la revisión.

La mayor parte de los trabajos publicados sobre el tratamiento con electroterapia en pacientes que han sufrido un ictus abordan como objetivos terapéuticos distintos déficits como la espasticidad, el dolor, la pérdida de funcionalidad, y la disminución

de la amplitud articular, así como aspectos relacionados con la discapacidad como es el caso de la marcha. Por este motivo hemos expuesto los diferentes artículos obtenidos en 3 apartados:

1.- Tratamiento con electroterapia de la espasticidad (6 artículos)

2.- Tratamiento con electroterapia de diversos aspectos relacionados con el miembro superior (9 artículos)

Dolor en el hombro

Subluxación de hombro

Recuperación motora o funcional

3.- Tratamiento con electroterapia para la mejora funcional de la marcha (3 artículos)

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Si bien la mayor parte de los artículos abordan varios objetivos terapéuticos en el mismo estudio para facilitar la exposición de resultados y discusión de los mismos los hemos clasificado atendiendo al objetivo fundamental del estudio comentando además los resultados de la aplicación de la electroterapia en otros aspectos que pudiera parecer interesante. Así, exponemos en primer lugar los resultados obtenidos en relación al tratamiento de la espasticidad con estimulación eléctrica.

### **A.- Tratamiento con electroterapia de la espasticidad**

#### 1. - Concepto de espasticidad y consecuencias

Como comentamos en la introducción la espasticidad es un desorden del control motor común en las personas que sufren un ictus. No menos del 50% de los pacientes con ictus presentan hipertonia espástica. La espasticidad se desarrolla cuando, debido a una lesión, el arco reflejo miotático es aislado de su sistema modulador supraespinal, produciendo una excitación anormal de las moto-neuronas

alfa y gamma. Stefanovka et al.<sup>14</sup> al analizar los registros de actividad eléctrica muscular (EMG) y del momento torsor (M) efectuados a más de 100 pacientes hemipléjicos mientras se les movilizaba pasivamente el tobillo en el plano sagital, pudieron distinguir dos patrones de espasticidad en función de la longitud y la velocidad de estiramiento, uno con actividad refleja tónica aumentada y el otro con hiperactividad refleja fásica. En la espasticidad fásica los valores de ambas pruebas tuvieron un incremento dependiente de la velocidad de estiramiento mientras que en la espasticidad tónica no fue así. Por este motivo la espasticidad es definida como una actividad exagerada del arco reflejo de estiramiento con un aumento de los reflejos tónicos dependientes de la longitud y de los reflejos fásicos dependientes de la velocidad de estiramiento. Como ya comentamos en la introducción la hipertonia espástica facilitará el desarrollo de alteraciones en la elasticidad, plasticidad y viscosidad de los tejidos blandos, lo que conducirá a fibrosis en músculos y estructuras adyacentes, facilitando así contracturas fijas, retracciones, deformidades osteoarticulares y dolor.

## 2. - Mecanismos de acción de la electroestimulación sobre la espasticidad.

Se han desarrollado distintas hipótesis para tratar de explicar los mecanismos mediante los cuales la estimulación eléctrica podría disminuir el grado de hipertonia espástica. Así en el artículo de revisión de Spaich et al.<sup>15</sup> se proponen algunos de los mecanismos que intervienen y que se describen a continuación:

- En primer lugar, la teoría de la modulación presináptica según la cual la estimulación eléctrica, al tratarse de un incremento de los impulsos aferentes a la interneurona común, podría restaurar parcialmente la inhibición presináptica, reduciendo así la espasticidad y compensando la pérdida sufrida desde la fuente central.

- También se ha sugerido que con la estimulación eléctrica se podría producir un efecto sobre la excitabilidad de las motoneuronas, ya que se ha demostrado que el sistema propioespinal deprime la excitabilidad de las motoneuronas después de aplicar la electro-estimulación.



- Una tercera hipótesis incluye que la estimulación eléctrica mejoraría el desbalance que se produce entre las sinapsis excitatorias (que están intactas) y las inhibitorias (que están disminuidas tras la lesión). De esta manera al aplicar la estimulación eléctrica la información aferente estimularía ambas sinapsis, pero como las excitatorias están cerca de su nivel de saturación, casi no se modificarían y las inhibitorias en cambio, se activarían produciendo un estado tendente al balance original.

- Por último la hipótesis de la inhibición recíproca que está basada en que, al estimular eléctricamente un músculo se inhibe el reflejo miotático del músculo antagonico en individuos sanos o el clonus en personas con espasticidad.

### 3. - Protocolos de actuación

En los individuos con espasticidad, tanto los músculos agonistas como los antagonistas mantienen cierta actividad durante todo el movimiento. Por eso en algunos estudios se practica una estimulación secuencial de músculos agonistas y antagonistas, lo cual podría simular de manera más realista la actividad muscular durante el movimiento. (por ejemplo, la estimulación secuencial de la musculatura flexora y extensora de la rodilla remedaría el movimiento del miembro inferior durante la marcha). Sin embargo, en los estudios revisados sobre estimulación eléctrica y espasticidad hemos encontrado diferentes protocolos. Así algunos autores lo aplican sobre los músculos espásticos, otros sobre los antagonistas y otros en ambos grupos, a pesar de lo cual en muchos de estos estudios se refieren buenos resultados terapéuticos.<sup>15</sup>

Los parámetros de estimulación utilizados también han sido muy variados en cuanto a frecuencia/amplitud de los trenes de estimulación, y en cuanto a la duración de los pulsos de cada del tren de pulsos de estímulo. En el estudio de revisión realizado por Spaich sobre estimulación eléctrica y espasticidad que incluye un total de 86 pacientes, se describen protocolos de estimulación con pulsos de estimulación 0.3ms, 30 Hz y 100mA, pulsos rectangulares de 0.5 ms y 20 Hz, e

incluso corrientes farádicas de 100Hz. En el citado estudio se concluye que los trenes de 100Hz podría ser la frecuencia óptima de estímulo para disminuir la espasticidad. Para la duración de cada pulso del tren de estímulo (se evaluaron duraciones entre 0.01 y 1ms) la duración óptima fue de 0.1 ms. Por tanto, la combinación más efectiva sería de 100Hz/0.1ms. En cuanto a la amplitud de cada pulso de tren se suele comenzar la estimulación por debajo del umbral motor si se estimula el músculo espástico y por encima del mismo si se actúa sobre su antagonista. Por último, en cuanto a la duración del tratamiento también hay gran variabilidad entre los estudios revisados en este artículo (entre 20 min/día durante unos pocos días hasta estimulaciones más prolongadas (ej. 1 hora) durante largo periodos (ej. 6 a 16 semanas).

Rosewillian et al.<sup>16</sup> publicaron en el 2012 un artículo en el que aplicaban estimulación eléctrica funcional en la musculatura extensora de la muñeca y de los dedos en la mano del miembro afectado en pacientes que habían sufrido un ictus y no presentaban actividad motora funcional en ese brazo, pero si espasticidad. Tras la estimulación mejoró la fuerza de extensión de la muñeca, aunque esta mejoría tuvo poca repercusión sobre la espasticidad y la funcionalidad del brazo. Dado que tras un ictus el dolor, la espasticidad y las contracturas secundarias al desbalance muscular se desarrollan rápidamente y pueden ser causa de la escasa recuperación funcional, Malhotra et al.<sup>17</sup> realizaron un estudio publicado en el 2013, cuyo objetivo era estudiar si la estimulación eléctrica aplicada de forma precoz (en las seis semanas siguientes al ictus) podría prevenir el desarrollo de dolor, de espasticidad en la musculatura flexora y de contracturas secundarias en el miembro superior en pacientes con afectación motora severa (grado 0 en el subtest de agarre del Action Research Arm test). El estudio incluyó un total de 90 pacientes de entre 32 y 98 años, pacientes que inicialmente se dividieron de forma aleatoria en dos grupos de similares características clínicas. El primer grupo recibió tratamiento estimulación eléctrica neuromuscular durante 30 min (estimulando la muñeca y el extensor común de los dedos del brazo afectado), dos o tres veces al día durante 5 días a la semana. La estimulación se realizó con una intensidad tal que produjera la extensión de la muñeca de forma lenta, confortable y con el máximo rango de

movimiento de cada paciente (sin producir desviaciones radiales o cubitales ni dolor o fatiga). El resto de parámetros utilizados fueron los siguientes: duración del pulso 300 ms., tiempo de activación del pulso (ON) 15 seg (ascenso de 6s y descenso de 6 s), tiempo de apagado del pulso (OFF) 15 seg, y frecuencia de estimulación 40 Hz. Además, los pacientes recibieron tratamiento fisioterápico habitual (movilizaciones pasivas, activas-asistidas, estiramientos y fisioterapia dirigida a objetivos funcionales) durante 45 min al día. El grupo control solo recibió tratamiento fisioterápico habitual. Las variables estudiadas incluyeron grado de dolor (0: no dolor a 5: dolor intenso), intensidad de la espasticidad (cuantificación neurofisiológica de la actividad muscular durante la extensión pasiva de la muñeca) y las contracturas (midiendo el rango articular pasivo de la muñeca). Se estudió también la mejoría motora utilizando el Action Research Arm test. Las medidas se repitieron a las 6, 12, 24 y 36 semanas. De los 90 pacientes 70 no presentaron recuperación funcional a las 36 semanas tras el ictus (grupo no funcional), mientras que 19 presentaron algún grado de recuperación funcional (grupo funcional). Solo un paciente se recuperó completamente a las tres semanas y se excluyó del estudio. Por tanto, los resultados terapéuticos sobre la actividad motora fueron bastante escasos en este estudio.

En relación con el dolor, ningún paciente presentó dolor cuando fue incluido en el estudio. A las seis semanas ningún paciente del grupo 1 presentaba dolor, mientras que los pacientes del grupo 2 presentaron dolor que se incrementó de forma progresiva. En cuanto al rango de movimiento pasivo también se observaron mejores resultados en el grupo tratado (grupo 1), tanto si eran funcionales como si no. Se apreciaron diferencias significativas en relación con pérdida de rango articular que fueron mayores en el grupo control no funcional al final del tratamiento (6 semanas), diferencias se mantuvieron hasta la última valoración. Sin embargo, no se apreciaron diferencias significativas entre el grupo tratado y el grupo control en cuanto a la espasticidad medida como actividad muscular electromiografía durante el estiramiento pasivo en ningún momento del estudio. Estos resultados demuestran, según los autores, que la estimulación neuromuscular (EENM), utilizada de forma precoz previene el desarrollo de dolor, a pesar de no presentar

grandes efectos sobre la espasticidad. Si bien no se conocen los mecanismos responsables de estos efectos analgésicos, se especula que la estimulación eléctrica actuaría debido a su potencial para incrementar la excitabilidad del sistema nervioso central a través de señales transmitidas antidrómicamente.

Sin embargo, a pesar de estos resultados negativos sobre la espasticidad, son muchos los artículos que han demostrado,<sup>18,19</sup> los beneficios de la estimulación neuromuscular en pacientes con espasticidad secundarias a ictus. En el artículo de revisión de Spaich<sup>15</sup> sobre el efecto de la estimulación neuromuscular sobre la espasticidad se comenta que en más del 80% de los pacientes incluidos en su revisión presentan una reducción de la intensidad de la espasticidad con la estimulación eléctrica. La duración de esta reducción fue corta y variable, alcanzando desde unas pocas horas hasta tres días tras la estimulación (el grado de mejoría se expresaba como reducción de espasmos musculares espontáneos, aumento de la amplitud de los movimientos e incremento de la relajación muscular durante el reposo motor).

Lo et al.<sup>20</sup> estudiaron el efecto del pedaleo simple y de la estimulación eléctrica funcional (FES) en personas con espasticidad secundaria a ictus. En este estudio se comprobó en pacientes que habían sufrido un ictus que, en comparación con el pedaleo simple, el pedaleo facilitado por la estimulación eléctrica funcional disminuye de forma más eficiente la espasticidad.

En el 2014, You et al.<sup>21</sup> publicaron en la revista de Neurorehabilitation un artículo en el que estudian el efecto de la estimulación eléctrica funcional aplicada en los músculos del miembro inferior de forma precoz a pacientes con hemiparesia tras un ictus. Se seleccionaron 37 pacientes de ictus reciente, que se dividieron en dos grupos. Un primer grupo con rehabilitación estándar (18 pacientes), y un segundo grupo al que se aplicó además el tratamiento con estimulación eléctrica funcional. A ambos grupos se les incluía 60 minutos de fisioterapia y terapia ocupacional. La aplicación del FES tenía una duración de 30 minutos induciendo la dorsi-flexión y la eversión del tobillo. El tratamiento fue realizado durante 5 días a la semana durante

tres semanas Los tratamientos fueron 5 días por semana durante 3 semanas. Las evaluaciones incluyendo el material compuesto

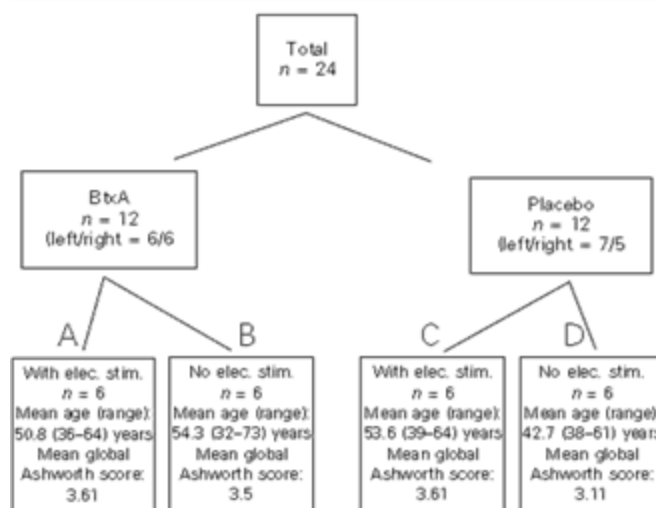
escala de espasticidad (CSS), subescala de la extremidad inferior Evaluación de Fugl-Myer (FMA), escala de evaluación postural para pacientes con accidente cerebrovascular.

(PASS), Escala de equilibrio de Berg (BBS), y el índice de Barthel modificado (MBI). Las escalas se pasaron al inicio a las dos semanas y al concluir el estudio (tres semanas). A las dos semanas de tratamiento el grupo con estimulación eléctrica funcional mostraba una reducción significativa de la espasticidad y un aumento de la funcionalidad del miembro inferior afecto. Este efecto se mantuvo al concluir el tratamiento. Como conclusión del estudio se demostró que la aplicación de la estimulación eléctrica funcional en la extremidad inferior parética en pacientes que acaban de tener un ictus mejora la espasticidad y la habilidad en las Actividades de la Vida Diaria.

En ocasiones la estimulación eléctrica se ha utilizado como tratamiento coadyuvante de otro tratamiento. Este es el caso de su utilización tras inyectar toxina botulínica tipo A en músculos espásticos (administrada para debilitar la respuesta muscular espástica inducida por la baja actividad de la primera neurona motora). Tras la inyección se utilizó la electroterapia para reforzar el efecto antiespástico y además mantener la fuerza de los músculos antagonistas. Hesse et al.<sup>22</sup> realizaron un estudio doble ciego aleatorizado cuyo objetivo era investigar si el tratamiento combinado de la Toxina Botulínica tipo A (BtxA) y la estimulación neuromuscular era más efectivo que la utilización solo la BtxA en el tratamiento de la espasticidad en miembro superior en pacientes tras un ictus. Fueron seleccionados 24 pacientes con espasticidad crónica en el miembro superior, pacientes que se distribuyeron en cuatro grupos de 6 pacientes cada uno. Al grupo A se administró 1000 unidades de BtxA junto con estimulación eléctrica. Al grupo B solo 1000 unidades BtxA, Al grupo C se administró un placebo (en sustitución de la BtxA) más estimulación eléctrica y al grupo D solo placebo. En los pacientes de los grupos A y C la estimulación eléctrica practicada tras la inyección de BtxA o placebo

se realizó mediante electrodos de superficie colocados sobre los músculos bíceps, tríceps y flexores y extensores de muñeca (estimulador de doble canal), con los siguientes parámetros: trenes de estimulación de 3 seg con pulsos de corriente de 20 Hz y 50-90 mA, pulsos cuyos estímulos individuales tenían una duración de 200 microsegundos. Se utilizó la escala de Ashworth para medir el grado de espasticidad. Además, se evaluó las dificultades encontradas por los pacientes durante tres actividades de la vida diaria (limpieza la palma de la mano, cortarse las uñas e introducir el brazo afectado a través de una manga), puntuándose entre 0 (ninguna dificultad) y 4 (imposibilidad para realizar la actividad en cuestión). Los resultados demostraron que los pacientes que habían recibido ambas terapias es decir el grupo A, obtuvieron mejores resultados tanto en la reducción del grado de espasticidad como en los parámetros de funcionalidad. Por tanto, este estudio defiende el uso de la estimulación eléctrica de los músculos inyectados con BtxA como medio para mejorar la eficacia de este tratamiento, lo que confirma el concepto básico de que el grado de la actividad motora es un factor importante para la potencia del agente neurolítico.

En la tabla 4 se muestra la clasificación de los grupos tratados con grados de espasticidad similares en los 4 grupos.



**Tabla 4:** Distribución randomizada de los sujetos del estudio. You et al. Functional electrical stimulation early after stroke improves lower limb motor function and ability in activities of daily living. Neurorehabilitation (2014) 381–389.

Tsua Mchiy et al.<sup>23</sup> obtuvieron resultados parecidos con esta terapia combinada pero el protocolo de actuación incluyó sesiones de terapia estimulando los puntos musculares ayudados de electromiograma-estimulación eléctrica funcional (EMG-FES) que facilitaban la iniciación de movimientos funcionales. Este tratamiento se inició cuatro meses antes de la inyección de toxina botulínica. El estudio incluyó quince pacientes con espasticidad en la musculatura del miembro superior afecto. Los resultados fueron analizados mediante la escala Ashworth modificada para la espasticidad. La puntuación descendió de 2 puntos a 1 en dicha escala con respecto a la evaluación inicial 10 días después de la aplicación de la inyección de toxina. Además, la terapia combinada de EMG-FES y la aplicación de toxina tipo A mejoró la función del miembro superior que fue valorada antes y después del tratamiento mediante la realización de diferentes movimientos funcionales de la extremidad superior dirigidas a las actividades de la vida diaria.

En conclusión, los resultados de los artículos revisados en relación al efecto de la estimulación eléctrica sobre la espasticidad muestran la utilidad de este procedimiento terapéutico. Sin embargo, en los distintos artículos se han utilizado una gran diversidad de protocolos, lo cual dificulta la elaboración de conclusiones precisas y categóricas. No obstante, los resultados revisados nos permiten confirmar que la combinación de variables terapéuticas más eficiente es la que combina trenes con frecuencias de estimulación de 100Hz compuestos por pulsos de duración de 0.1ms. El porcentaje de pacientes que redujeron el grado de espasticidad tras la aplicación de electro-estimulación superó el 80% en la mayoría de los estudios. Además, la estimulación eléctrica funcional resulta especialmente indicada cuando se combina con otras terapias como la toxina botulínica.

## **Efecto de la estimulación eléctrica sobre la subluxación del hombro y el dolor**

Un caso a tomar en consideración de forma separada es el uso de la estimulación eléctrica funcional para el tratamiento específico de los trastornos asociados a la movilidad del hombro. Baker y cols.<sup>24</sup> ya en el año 1986 publicaron un estudio en pacientes con hemiplejía secundaria a ictus, utilizando estimulación eléctrica intensiva (45 minutos 3 veces al día durante 6 semanas) de la musculatura de la cintura escapular. En este estudio se evidenció que la estimulación eléctrica funcional reducía la subluxación del hombro con mayor eficacia que los programas de facilitación neuromuscular, que la colocación de cabestrillos, o que el soporte en sedestación. En un estudio a menor escala en pacientes con hemiplejía secundaria a ictus se ha comprobado también que los sujetos que reciben EENM en el hombro presentan una subluxación del hombro menor, mientras que la separación gleno-humeral aumenta más en el grupo control, incluso en los casos en los que el brazo afecto está apoyado en todo momento.

No obstante, no todos los estudios de la estimulación eléctrica para el tratamiento específico de los trastornos asociados a la movilidad del hombro comunican resultados positivos. Church et al.<sup>25</sup> publicaron en 2006 un artículo en la revista Stroke sobre el efecto de la estimulación eléctrica en el hombro del brazo parálítico en pacientes tras un ictus reciente. Este estudio incluyó ciento setenta y seis pacientes que de manera aleatoria recibieron de forma precoz (primeras semanas tras el ictus) estimulación eléctrica neuromuscular (o placebo) en el hombro del brazo pléjico. La funcionalidad del miembro superior se midió con el test "Action Research Arm Test "(ARAT) antes de iniciar el tratamiento y 3 meses después del ictus. Además, se evaluó el grado de dolor con una escala analógica visual. La escala ARAT después de tres meses fue de 50 en el grupo de intervención y 55,5 en el grupo control. Se encontraron evidencias significativas en el grupo de control tres meses después en algunas mediciones como son la función del brazo, el agarre de la mano y los movimientos groseros.



Un análisis secundario sugirió que esas diferencias eran más aparentes en paciente con un inicio grave de la debilidad del miembro superior afecto. La conclusión de este trabajo fue que la EENM en el hombro en pacientes con ictus graves no mejora la funcionalidad y que en fase aguda no puede ser recomendado. En cuanto al dolor los resultados tampoco mostraron diferencias significativas a favor del grupo de intervención. En la tabla 5 se muestran los resultados del estudio

Church et al., 2006 [34]	8, 1a	N= 176	Conventional therapy	Pain: numerical rating scale Motor function: Action Research Arm Test, Frenchy Arm Test, Motricity Index	Pain: no significant difference between the groups Motor function: no significant difference after 4 weeks of treatment and 3 months after stroke
		Mean age: +	electrical stimulation		
		Study group: 75.5 [64-81]	1 hour/session, 3 session/day, 7 days/week,		
		Control	4 weeks		
		73.5 [65.8-79]			

**Tabla 5:** Resultados del estudio mostrado en la Revista Biomed Published.<sup>29</sup>

En la articulación del hombro, la estimulación eléctrica funcional se ha utilizado especialmente para estimular los músculos responsables de mantener la cabeza del húmero en la cavidad glenoidea (especialmente el supraespinoso y el deltoides posterior), contrarrestando así el desplazamiento inferior del húmero provocado por el propio peso del brazo en las primeras fases tras el ictus<sup>26</sup>, con lo que se pretende prevenir (o restaurar) la subluxación de la articulación del hombro. Con ello se evitaría además el dolor y la pérdida de funcionalidad del brazo asociada a esta subluxación. En 2002, Ada y Foongchomcheay<sup>27</sup> llevaron a cabo un meta-análisis sobre el efecto de la estimulación eléctrica en la subluxación del hombro aplicado precozmente tras el accidente cerebrovascular. Ellos mostraron que el tratamiento con estimulación eléctrica funcional previene la subluxación del hombro y mejora la función motora del brazo con más eficacia que la terapia convencional, no presentado resultados óptimos para el caso del hombro doloroso secundario al accidente cerebro-vascular.

Otro estudio a tomar en consideración es el publicado por Koyuncu et al.<sup>28</sup> en el año 2010. En este estudio se investigó el efecto de la estimulación eléctrica funcional en el tratamiento de la subluxación del hombro y del dolor de hombro en pacientes hemipléjicos. Incluía una muestra total de 50 pacientes hemipléjicos con subluxación y dolor en el hombro. Los pacientes fueron divididos aleatoriamente en dos grupos (tratamiento y control). Todos los pacientes fueron puestos en un programa de rehabilitación utilizando métodos convencionales, mientras que a los pacientes del grupo tratamiento se les aplicó además la estimulación eléctrica funcional en el músculo supraespinoso y de manera adicional al músculo deltoides posterior. Se valoró el grado de dolor en el hombro durante el movimiento pasivo (PROM) y el movimiento activo (AROM), utilizando una escala analógica visual (VAS). Los niveles de subluxación de hombro se evaluaron con la clasificación desarrollada por Van Langenberghe usando la medida en milímetros de la distancia entre la cabeza humeral y la cavidad glenoidea en una radiografía anteroposterior de hombro antes de iniciar el estudio y tras el programa de rehabilitación. La comparación de la amplitud del movimiento activo frente a los cambios de valor PROM VAS no mostró diferencias significativas entre los dos grupos. Hubo una diferencia significativa entre los dos grupos en la reducción de la distancia medida en la radiografía del hombro a favor del grupo de estudio. Los autores concluyen que los resultados del estudio demostraron que la aplicación de un tratamiento con FES en los músculos supraespinoso y deltoides posterior, además del tratamiento convencional en el tratamiento de la subluxación en pacientes hemipléjicos es más beneficioso que el tratamiento convencional por sí solo.

Por último, destacar una revisión sistemática muy extensa y meticulosa publicada por Vafadar et al.<sup>29</sup> en el año 2015. Se trata de un meta-análisis sobre el efecto de la estimulación eléctrica funcional en la subluxación y en el dolor del hombro, así como en la función motora de la extremidad superior realizada (en pacientes con ictus). En este trabajo fueron seleccionados 727 artículos de las distintas bases de datos, de los cuales solo 10 reunieron los criterios de inclusión (nivel de evidencia en PEDro y el nivel de evidencia en Sackett). Se resumieron los resultados de los 10 estudios empíricos seleccionados mostrando el nivel de calidad de cada ensayo.

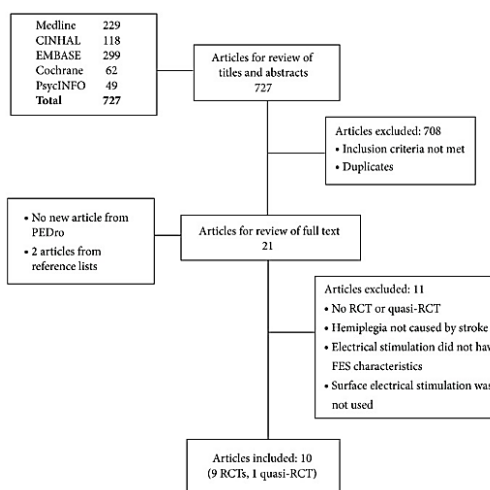
La puntuación más alta de PEDro fue de 8.1<sup>25</sup> y el más bajo fue de 3<sup>31</sup>. El nivel de evidencia más alto era el 1a y la más baja fue de 3. Nueve de los artículos seleccionados fueron ECA y uno fue un cuasi-ECA. En la tabla 6 se muestra la rigurosa sistemática de elección de los trabajos.

Search strategy for Medline database.

Keywords	Medline
(1) Electrical stimulation	122378
(2) Functional electrical stimulation	1483
(3) Neuromuscular electrical stimulation	522
(4) FES	3333
(5) NMES	536
(6) Or/1-5	124932
(7) Stroke	174199
(8) Hemiplegia	13150
(9) Or/7-8	184835
(10) Shoulder joint	14935
(11) Subluxation	7739
(12) Pain	467097
(13) Motor function	13027
(14) Or/10-13	496229
(15) 6 + 9 + 14	229

FES: functional electrical stimulation.

NMES: neuromuscular electrical stimulation.



**Tabla 6:** Resultados de la Búsqueda de artículos y criterios de selección para la revisión revista Biomed Published 2015.<sup>29</sup>

Siete de los diez artículos hablan de la subluxación de hombro (Wang et al.<sup>30</sup>, Kim et al.<sup>32</sup>, Kobayashi et al.<sup>31</sup>, Linn et al.<sup>33</sup>, Baker y Parker<sup>24</sup>, Koyuncu et al.<sup>28</sup>, y Faghri et al.<sup>34</sup>) estimando la subluxación del hombro como una medida de resultado. Dos estudios (Wang et al y Kim et al) informaron dos categorías de participantes en función del tiempo después del accidente cerebrovascular, ya sea precoz o tardía; por lo tanto, eran considerados como dos estudios separados (Wang-E, L-Wang y Kim-E, y Kim-L). En otro estudio se dividió a los participantes en función del músculo que fue estimulado (deltoides o supraespinoso) y por lo tanto se consideró como dos estudios separados (Kobayashi-D y Kobayashi-S<sup>31</sup>).

Los artículos fueron divididos en dos grupos en función de si el tratamiento se realizó en una fase temprana (primeras seis semanas tras el ictus) o tardía (después de las seis semanas). La estimulación eléctrica funcional se aplicó junto con terapia

física y con terapia ocupacional convencional. En todos los estudios, el grupo control recibió el mismo tratamiento que el grupo de estudio, excepto el tratamiento con estimulación eléctrica funcional. La medición de la subluxación del hombro en todos los estudios se realizó midiendo el descenso de la cabeza humeral en una radiografía de antero-posterior y comparándola con el lado contralateral.

En seis de los estudios revisados que incluyeron un total de 213 pacientes, el FES se aplicó a través de electrodos de superficie con una frecuencia que va desde 10 hasta 36 Hz y de forma relativamente precoz (menos de 6 meses) tras el ictus. En todos los experimentos, se estimularon los dos músculos principales que contrarrestan la subluxación del hombro (supraespinoso y deltoides posterior). En todos los estudios, el tratamiento se llevó a cabo durante al menos cinco días a la semana. El tiempo de tratamiento en todos los estudios fue de al menos cuatro semanas (mínimo de cuatro y un máximo de ocho semanas). Debido a la similitud en los métodos de medición, se utilizó un modelo de efectos fijos para su comparación. El análisis de los datos indicó una mejora significativa en la subluxación del hombro en el grupo que utilizó la estimulación eléctrica funcional en comparación con el grupo control (valor de  $p \leq 0,00001$ ). Los resultados sugieren que si la estimulación eléctrica funcional se aplica de forma precoz (además de la terapia convencional) puede prevenir o reducir la subluxación del hombro (IC del 95%: 3,3 a 6,6 mm) en comparación con solo terapia convencional. La evaluación de la calidad de estos seis artículos mostró que hay un nivel de evidencia 1a de un ECA de buena calidad (Kim-E), y nivel 2a de cinco ECA (Koyoncu, Faghri, Linn, Wang-E).

En los cuatro estudios restantes (Kobayashi-S, Kobayashi-D, L-Wang, y Kim-L) la estimulación eléctrica funcional se aplicó de forma tardía (más de 6 meses) después del accidente cerebrovascular. Excepto en un estudio (Kobayashi et al.<sup>31</sup>, donde se estimularon por separado el deltoides y supraespinoso, en los otros tres estudios la estimulación eléctrica funcional se aplicó en ambos músculos. En este caso el análisis de los datos no mostró diferencias significativas entre los dos grupos. En la Figura 3 se muestran los resultados del meta-análisis La cuanto a la calidad de los artículos

fue baja (ECA) (Kobayashi-S y Kobayashi-D), aunque hay una evidencia 1a de un ECA de buena calidad (Kim-L) y 2a de un ECA de calidad razonable (Wang-L)

El nivel de dolor se evaluó en nueve estudios (Faghri et al.<sup>34</sup>, Linn et al.<sup>33</sup>, Wang-E, Wang-L<sup>30,36</sup>, Kobayashi-S, Kobayashi-D, Mangold y col.<sup>37</sup>, Church et al.<sup>25</sup>, y Koyuncu et al.<sup>28</sup>). Tres de estos estudios se practicaron en fase precoz y tres en fase tardía tras el ictus. En todos estos estudios, se aplicó la estimulación eléctrica funcional ya sea del supraespinoso, del deltoides posterior, o de ambos, excepto en un estudio (Mangold) donde se aplicó FES en deltoides anterior y tríceps braquial. Los sujetos no realizan ninguna actividad ni recibieron ningún tratamiento adicional durante las sesiones de estimulación eléctrica funcional, excepto en un estudio (Mangold), donde los sujetos realizaron movimientos de alcanzar y agarrar mientras recibían la estimulación eléctrica. Con el fin de llevar a cabo un meta-análisis, los estudios fueron clasificados por el método de Ologies utilizados en la evaluación del dolor. Esto produjo dos grandes grupos: los estudios en los que el dolor estaba basado en la amplitud indolora de movimiento (ROM) y los estudios que evaluaron el dolor subjetivo con escalas numéricas. Un meta-análisis se realizó para cada grupo de estudios por separado. El metanálisis incluyó 203 participantes. Tres estudios (Faghri, Linn, y Wang-E) en el tratamiento precoz evaluaron el dolor basado en el rango indoloro de rotación lateral. Antes o después del tratamiento. El resultado del meta-análisis no mostró aumento significativo en el intervalo libre de dolor de giro lateral en el grupo experimental en comparación con el control. Por otro lado, cuatro estudios (Iglesia, Koyuncu, Linn, y Mangold) midieron el nivel de dolor de forma subjetiva mediante las escalas numéricas de dolor. El análisis de los datos de los artículos mostró que, entre los estudios que midieron el dolor en la rotación lateral, un estudio (Faghri, nivel 2a) informó un aumento significativo en el rango de movimiento sin dolor, por lo tanto, una disminución del nivel general de dolor, mientras que dos estudios (Linn, Wang-e, nivel 2a) no mostró diferencias significativas en el intervalo libre de dolor durante la rotación lateral entre los grupos experimentales. En el grupo de estudios que midieron el nivel de dolor subjetivo, hubo una ausencia de pruebas de eficacia de la estimulación eléctrica funcional en el dolor del hombro, en comparación con la terapia convencional.

En el tratamiento tardío del ictus dos ensayos controlados (Kobayashi-S y Kobayashi-D, nivel 3), el nivel de dolor se evaluó en fase tardía mediante una escala analógica visual durante la rotación activa del hombro. De los 17 participantes totales de estos dos estudios, sólo siete (47%) informaron de dolor en el hombro. Seis recibieron tratamiento con estimulación eléctrica funcional. De los seis participantes en el grupo con estimulación eléctrica funcional, cuatro pacientes informaron de una reducción del 50% en el dolor al final del tratamiento, mientras que ningún cambio se informó para el paciente en el grupo de control. Los autores no informaron si estos cambios fueron estadísticamente significativos. Wang-L (nivel 2a) que mide el dolor basado en el intervalo libre de dolor en la rotación lateral también informó que no hubo efecto significativo de la estimulación eléctrica funcional en el dolor cuando se añade a la terapia convencional, en comparación con el tratamiento convencional solo.

En cuanto a la función motora nueve estudios (Wang et al.<sup>35</sup>, Church et al.<sup>25</sup>, Faghri et al.<sup>34</sup>, Linn et al.<sup>33</sup>, Nakipoglu et al.<sup>36</sup>, Kobayashi et al.<sup>31</sup>, y Mangold y col.<sup>37</sup>) investigaron los efectos del FES sobre la función motora. Los artículos fueron divididos en dos grupos según fueran tratados de forma precoz o tardía tras el ictus. En seis de los nueve estudios (Mangold, Iglesia, Nakipoglu, Linn, Faghri, y Wang-E), el FES se aplicó de forma precoz tras el accidente cerebrovascular. Se incluyeron en el metanálisis 295 participantes. El resultado mostró que la adición de FES a la terapia convencional no es superior a la terapia convencional sola.

La evaluación de la calidad de los artículos demostró que hay pruebas 1a de tres ECA de buena calidad (Iglesia, Mangold, y Nakipoglu) y pruebas 2a de un ECA de calidad razonable (Linn) a favor de ningún efecto significativo del tratamiento FES en la mejora de la función motora del brazo en fase precoz. Por el contrario, hay evidencia 2a de dos ECA de calidad razonable (Faghri, Wang-E) que favorecen el efecto significativo de la terapia FES. Los test utilizados para evaluar mejoría funcional no fueron los mismos entre los estudios con resultados negativos y positivos. Así los que no encontraron efecto significativo utilizaron el test de Frenchy<sup>38</sup> el índice de motricidad<sup>39</sup>; Chedoke-McMaster evaluación<sup>40</sup>; la escala de

Brunnstrom<sup>41</sup> y la escala de Ashworth<sup>42</sup> para la evaluación de la función motora superior del brazo. En el grupo de estudios que encontraron un efecto significativo del tratamiento con la FES, Wang-E (nivel 2a) utiliza la Evaluación de Fugl-Meyer<sup>43</sup> y Faghri (nivel 2a) utilizaron Tabla de Evaluación del Bobath<sup>44</sup> y la evaluación EMG del músculo deltoides.

En tres (Kobayashi-S, Kobayashi-D, y Wang-L) de los nueve artículos la estimulación eléctrica funcional se aplicó de forma tardía tras el accidente cerebrovascular. Dado que las medidas de la función motora no eran idénticas en estos estudios, no se intentó realizar un metanálisis. La evaluación de la calidad de los artículos mostró que hay un nivel de evidencia 3a partir de dos cuasi-ECA de baja calidad (Kobayashi-S, Kobayashi-D) sobre el efecto de la estimulación eléctrica funcional sobre la función motora en comparación con la terapia convencional sola. Los métodos de medición en estos dos estudios fueron la evaluación EMG de los músculos estimulados. Por el contrario, hay evidencia 2a de un ECA de calidad razonable (Wang-L) que no muestran superioridad de la adición de la estimulación eléctrica funcional al programa de tratamiento en comparación con la terapia convencional sola. En este estudio, la función motora se evaluó mediante la escala Fugl-Meyer.

En conclusión, los resultados de los trabajos expuestos muestran que la estimulación eléctrica funcional resulta ser eficaz para la prevención o reducción de la subluxación de hombro (la cual puede reducirse hasta en hasta 4.9 mm) siempre que sea aplicada de forma precoz, es decir en las primeras seis semanas. Sin embargo, no se describe en los artículos la duración de este efecto. El protocolo más recomendado, tras la revisión y metanálisis del estudio de Vadafar, es el de 100 Hz de frecuencia y con pulsos de 100 ms. Este efecto beneficioso no se ha podido comprobar para su utilización en la fase tardía (después de las primeras seis semanas), si bien estos resultados deben ser interpretados con precaución dado el escaso número de estudios en los que se aplica esta terapia después de los 6 meses.

En cuanto al dolor los resultados son variables y dependientes de la calidad del estudio y de los distintos métodos de evaluación, lo que dificulta la comparación entre unos estudios y otros. Así la mayoría de los autores refieren que no reduce el dolor cuando la estimulación eléctrica funcional es aplicada en las fases tempranas. Sin embargo, hay que tener en cuenta distintas circunstancias como es el hecho de que en la mayor parte de los pacientes el dolor de hombro no aparece antes de la 8-10 semanas, y que son pocos los pacientes que presentan dolor temprano. Con respecto al tratamiento del dolor en fases tardías algunos autores han mostrado buenos resultados mientras que otros no lo recomiendan por su escaso beneficio. Es posible que esto tenga que ver con las diferentes escalas de valoración del dolor. La mayor parte de los autores utilizan escalas subjetivas numéricas, sin embargo, cuando se utiliza como medida el grado de recorrido articular libre de dolor que es una medida más funcional, algunos autores han reportado buenos resultados. Así que los resultados de este estudio no son concluyentes con respecto al efecto de la estimulación eléctrica funcional para el dolor del hombro.

### **Efecto de la estimulación eléctrica sobre la actividad motora y funcional del miembro superior**

En cuanto al tratamiento con electroterapia para la mejora de la actividad motora y funcional del miembro superior, ya los hemos comentado en el apartado anterior, y también se ha abordado desde distintas perspectivas. Así se pretende mejorar la recuperación motora y funcional facilitando el inicio de la contracción muscular mediante el control con EMG, asociando la electroterapia a otras técnicas como la terapia en espejo para obtener mayor feed-back o por último utilizando ortesis híbridas. En el primer caso conviene citar brevemente dos artículos donde utiliza la estimulación eléctrica neuromuscular disparada por el EMG. El paciente contrae voluntariamente el músculo agonista el cual dispara la EENM para facilitar la contracción en respuesta al incremento de la actividad del EMG. En estos estudios



se comprobó en personas con ictus que la EENM disparada por EMG mejoraba la función de la extremidad superior más que la EENM de forma aislada.<sup>45</sup>

En cuanto a la terapia combinada entre la estimulación eléctrica funcional y la terapia frente a espejo, Kim et al.<sup>46</sup> publicaron en el año 2015 un artículo cuyo objetivo fue evaluar los efectos de la terapia de espejo en combinación con la bio-retroalimentación - estimulación eléctrica funcional (FES-BF) en la recuperación motora de las extremidades superiores tras el ictus.

Fueron seleccionados veintinueve pacientes con una evolución de más de 6 meses tras el ictus que se asignaron aleatoriamente a tres grupos. Un primer grupo control de BF-FES, otro con la terapia frente al espejo y el último con ambas terapias. Los grupos de terapia de espejo realizaron cinco sesiones de 30 minutos durante un período de 4 semanas. El grupo control recibió un programa de terapia física convencional. Para medir los resultados de recuperación motora se utilizaron las siguientes medidas: recorrido articular de muñeca medida con un electrogoniómetro, fuerza de prehensión de la mano medida con un electrodinamómetro, pruebas de funcionalidad manual Bloque de prueba (BBT) Jebsen Taylor Mano (JHFT), la medida de la independencia funcional (FIM), la escala de Ashworth modificada para la espasticidad, y la escala específica de evaluación de la Calidad de vida (SSQOL). El grupo de terapia frente a espejo BF-FES mostró una mejoría significativa en la extensión de la muñeca y la fuerza de prehensión, como lo revela la Prueba Manual muscular y la amplitud de movimiento ( $p < 0,05$ ). También los resultados fueron mejores para las escalas de funcionalidad ya que el grupo de terapia en espejo BF-FES mostró una mejoría significativa en el BBT, JHFT, y SSQOL en comparación con el grupo de terapia en espejo y el grupo control ( $p < 0,05$ ). Estos resultados sugieren que la terapia de espejo, en combinación con BF-FES, es factible y eficaz para la recuperación motora de las extremidades superiores después del accidente cerebrovascular.

Por último, citar que existen dos dispositivos híbridos de ortesis y estimulación eléctrica para la mejora de la función de la extremidad superior. Estas ortesis de la mano y la muñeca tienen un estimulador eléctrico en el interior que puede estimular la contracción de los flexores y los extensores de la muñeca, así como la oposición del pulgar (fig. 1 y 2.). Dichos dispositivos pueden ser utilizados en pacientes con lesión de la motoneurona superior que suponga una debilidad para agarrar objetos con la mano, una tarea de gran relevancia funcional para actividades cotidianas.



Figura 1:

<http://www.dennisvoedmans.nl/wordpress/wp-content/handmaster1.jpg>

Figura 2:

<http://www.bioness.com/Images/international/netherlands/consument/h200main.jpg>

Si bien este tipo de ortesis facilitan como hemos comentado los movimientos funcionales y resultan sin duda un gran avance, solo hemos encontrado en la literatura estudios que muestran su aplicación en pocos casos. Debido a su alto coste estos dispositivos no están disponibles de forma habitual en los centros de rehabilitación y raramente se puede acceder a ellos para su utilización en su domicilio (en Tenerife no tenemos noticia de que se haya utilizado con algún paciente).

Como conclusión, en este apartado hemos de decir que no se encontró en general un efecto significativo de mejoría de la función motora en el miembro superior cuando la estimulación eléctrica funcional es utilizada de forma precoz en comparación con la terapia convencional de forma exclusiva. Sin embargo, hay que destacar que las medidas de función motoras utilizadas varían mucho de unos estudios a otros. Así algunos autores utilizan escalas de valoración de déficit (por ejemplo, fuerza muscular espasticidad o el movimiento aislado de una articulación) mientras que otros utilizan escalas funcionales en tareas concretas (abrir un tarro girar una llave...). En los trabajos en los que utilizan escalas de déficit en general los artículos reportan buenos resultados. Sin embargo, no está claro que la mejora del déficit se acompañe de una mejora en la función. Los artículos que utilizan escalas de actividad funcional no obtuvieron buenos resultados con la estimulación eléctrica funcional.

Solamente se citan tres artículos que estudiaron el efecto del FES en las fases tardías del miembro superior después del ictus y que utilizaron ambos tipos de escala (déficit y actividad funcional). De ellos dos obtuvieron buenos resultados en fase tardía. Es necesario como bien resalta Vadafar<sup>25</sup> en su artículo realizar más estudios para poder concluir los efectos de la estimulación eléctrica funcional en fases tardías tras el ictus. La combinación de la estimulación eléctrica funcional junto con la terapia frente a espejo ha demostrado resultados alentadores y podría ser una opción en la recuperación motora.

### **ESTIMULACIÓN ELÉCTRICA PARA EL TRATAMIENTO DEL PIE EQUINO Y LA MEJORA DE LA MARCHA**

La estimulación eléctrica funcional del nervio peroneo se presenta como una alternativa eficaz para el control de la dorsi-flexión del tobillo y el pie en pacientes hemipléjicos. Las contracciones musculares estimuladas eléctricamente también se han usado como sustituto de las ortesis de pie y tobillo (AFO). Actualmente

están comercializados dos dispositivos que estimulan al nervio peroneo para lograr la flexión dorsal del pie durante la fase de balanceo de la marcha.

Uno proporciona estimulación cuando el talón contacta con el suelo y el otro proporciona estimulación basada en la velocidad angular de la pierna (como bien se puede apreciar en las figuras 1 y 2)

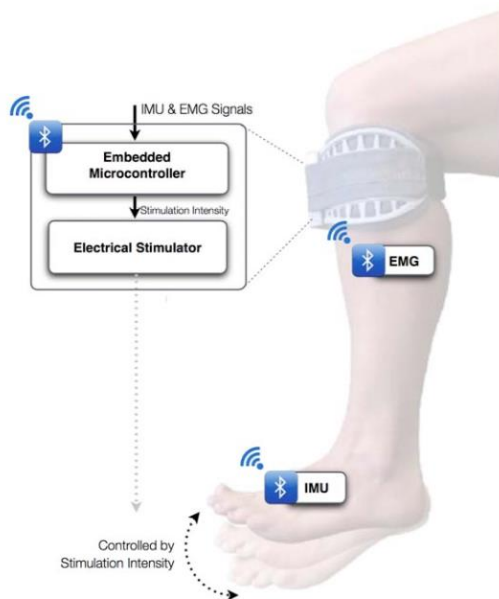


Figura3:

<http://jiahe.works/images/fes-figures/fes-proj.png>



Figura4:

<http://www.vipoinc.com/modules/patient-resources/images/NESS-L300-1.jpg>

A pesar de que algunos autores respaldan la eficacia del uso de ortesis AFO para el tratamiento pie equino después del ictus, otros autores señalan que la estimulación peroneal como ortesis de marcha podría ser más efectiva que las ortesis convencionales. Existen pocos artículos que comparen ambas posibilidades.

Uno de estos artículos realizado por Bethoux et al.<sup>47</sup> fue publicado en la revista Neurorehabilitation Neural Repair en el año 2014. En este trabajo se compara los cambios en la marcha y en la calidad de vida (CV) producidos mediante estimulación eléctrica funcional en el nervio peroneal, con los producidos mediante una ortesis convencional de tobillo en pacientes con ictus. Se trata de un ensayo controlado aleatorio multicéntrico en el que se incluyeron 495 pacientes con más de 6 meses de evolución después del ictus y que utilizaron al menos durante seis meses un estimulador eléctrico peroneal o un AFO. Como criterios de valoración se utilizaron las siguientes pruebas: Prueba de Paso de 10 metros (10MWT), Escala de Actividades de la Vida Diaria, Escala de Actividades Instrumentales de la Vida Diaria, y la Escala de Impacto (SIS). También se utilizó una escala para medir el perfil de la deambulación (FAP), la escala de equilibrio de Berg (BBS), prueba de up and go, y la escala de Calidad de vida en el ictus. Un total de 399 sujetos completaron el estudio. La estimulación eléctrica funcional demostró una eficacia similar a la AFO para todos los objetivos. Tanto los grupos de estimulación eléctrica funcional como los de AFO mejoraron significativamente en la mayor parte de las pruebas. Sin embargo y como se muestra en la tabla 6 los pacientes que utilizaron la estimulación eléctrica como ortesis presentaron ventajas en algunos aspectos que no presentaron los pacientes que usaron una ortesis convencional.

Benefits	FES	AFO
Reduces foot drop	YES	Yes
Improves gait mechanics	YES	Yes
Prevents loss of passive ROM	YES	Yes
Prevents loss of active ROM	YES	No
Active muscle contraction	YES	No
Slows muscle atrophy	YES	No
Promotes motor learning	YES	No
Promotes neuroplastic changes	YES	No

Tabla 7: <https://wiki.ucl.ac.uk/download/attachments/58429645>

En esta imagen (tabla 7) se muestra las ventajas que presenta el FES con respecto a las férulas AFO (Ankle Foot Orthosis) la cual fija a la articulación del tobillo a 90°.

Otra revisión publicada por Dunning et al.<sup>48</sup> tuvo como objetivo realizar una revisión sistemática para valorar el efecto de la estimulación eléctrica de un solo canal del pie equino (solo se estimula el nervio peroneal), en comparación con el uso de Ortesis convencional en pacientes con accidente cerebrovascular. Se realizó una revisión sistemática en la que se realizaron búsquedas en distintas bases de datos electrónicas hasta mayo de 2014. Se incluyeron estudios aleatorios y ensayos controlados, con un total de 820 participantes. La medida de control más utilizada fue la velocidad de la marcha en la mayor parte de los trabajos. Otras medidas comunes que incluyeron los estudios revisados son la prueba de up and go, el perfil de deambulación de Emory modificado, la Escala de equilibrio de Berg, la Prueba de los seis minutos de desplazamiento, Escalas de calidad de vida, y la Escala Fugl-Meyer para la extremidad inferior. El resultado final de este estudio fue que tanto la aplicación de la estimulación eléctrica como la utilización de ortesis para el pie equino, parecen ser eficaces y con unos resultados similares para aumentar la velocidad de la marcha, la prueba de up and go y la prueba de seis minutos. Sin embargo, la ortesis eléctrica mostro ser superior a la hora de valorar índice del coste fisiológico del miembro inferior. Además, se mostró como el método más cómodo elegido por los participantes de dichos estudios.

El último estudio a comentar es el publicado por McCrimmon et al.<sup>49</sup>, en este trabajo se evaluó la estimulación eléctrica funcional como tratamiento para mejorar la marcha en pacientes con ictus. Aunque la ortesis eléctrica antiequina actúa como sustituto de la fuerza del tobillo, no parece proporcionar ningún efecto terapéutico duradero. Sin embargo, la interfaz cerebro-ordenador (BCI) controladas por la estimulación eléctrica funcional es un enfoque novedoso de rehabilitación que puede generar avances neurológicos permanentes ya que actúa en el mecanismo de plasticidad cerebral. Este estudio explora la seguridad y la viabilidad de una

fisioterapia BCI-FES dirigida del pie equino en los pacientes crónicos de un ACV. En el estudio los sujetos (n = 9) operaban con un sistema BCI-FES basado en el electroencefalograma para la flexión dorsal del pie. Se realizaron 12 sesiones de una hora durante cuatro semanas. Como pruebas de valoración se tomaron: la velocidad de la marcha, la flexión dorsal activa (amplitud del movimiento activo), marcha de seis minutos de distancia a pie (6MWD), y el índice motor de la extremidad inferior de Fugl-Meyer (FM-LM). Las medidas se realizaron antes, durante y después de la terapia. La medida del resultado primario fue la proporción de sujetos que se deterioraron en la velocidad de la marcha por  $\geq 0.16$  m / s en una semana o cuatro semanas después de la terapia. Las medidas de resultado secundarias fueron la proporción de sujetos que experimentaron una disminución clínicamente relevante en la amplitud del movimiento activo de dorsiflexión ( $\geq 2.5^\circ$ ), 6MWD ( $\geq 20\%$ ), y la puntuación de FM-LM ( $\geq 10\%$ ). Ninguno de los sujetos experimentó una mejora clínicamente significativa de la velocidad de la marcha, ni de la amplitud en la dorsiflexión del movimiento activo, Varios de los datos que obtuvieron sugieren que la terapia de BCI-FES se asocia con un aumento en el rendimiento del motor de la extremidad inferior en un nivel estadísticamente significativo. La terapia BCI-FES es segura y si se demuestra su utilidad clínica podría proporcionar una nueva opción para la rehabilitación de la marcha en pacientes severamente dañados.

## **CONCLUSIONES**

1.- Existe evidencia suficiente como para afirmar que la estimulación eléctrica representa una importante herramienta para la rehabilitación de pacientes con ictus.

2.- Se ha evidenciado una gran diversidad de protocolos empleados para estudiar los efectos de la estimulación eléctrica sobre los músculos con hipertonia espástica. Independientemente del protocolo, un porcentaje muy alto (más del 80% en los distintos estudios) redujeron el grado de espasticidad tras la aplicación de

electroestimulación. Por lo tanto, se puede concluir que la estimulación eléctrica es un procedimiento terapéutico de utilidad, para disminuir la espasticidad muscular.

3.- Son necesarios estudios más profundos que permitan estandarizar los protocolos de actuación con estimulación eléctrica funcional.

4.- La estimulación eléctrica funcional resulta especialmente útil para el tratamiento de la espasticidad cuando se combina con otras terapias como la toxina botulínica.

5.- Los resultados de los trabajos expuestos muestran que la estimulación eléctrica funcional resulta eficaz para la prevención o reducción de la subluxación de hombro siempre que sea aplicada de forma precoz, es decir, en las primeras seis semanas. El protocolo más recomendado es el de trenes de pulsos de 100 ms a 100 Hz de frecuencia.

6. La utilidad la estimulación eléctrica funcional en la fase tardía (después de las primeras seis semanas) no ha sido suficientemente acreditada, si bien los resultados publicados deben ser interpretados con precaución dado el escaso número de estudios en los que se aplica esta terapia después de los 6 meses.

7.- La estimulación eléctrica funcional para el dolor del hombro no parece estar recomendadas en las fases precoces tras el ictus. A partir de los 6 meses (fase tardía) algunos autores han mostrado buenos resultados, aunque otros no lo recomiendan por su escaso beneficio.

8.- La estimulación eléctrica funcional no mejora de forma significativa la función motora en el miembro superior cuando es utilizada de forma precoz (en comparación con la terapia convencional). Es necesario realizar más estudios para poder evaluar con objetividad los efectos de la estimulación eléctrica funcional en fases tardías tras el ictus.



9.- En relación con los trastornos de la marcha, la estimulación eléctrica funcional utilizada como ortesis ha mostrado ser al menos tan útil como las ortesis convencionales.

## Bibliografía.

1.- Aho K, Harmsen P, Hatano S, Marquardsen J, Smirnov VE, Strasser T. Cerebrovascular disease in the community: results of a WHO collaborative study. Bull World Health Organ 1980; 58(1):113-30)

2.- del Barrio JL, de Pedro Cuesta J, Boix R, Acosta J, Bergareche A, Bermejo-Pareja F et al. Dementia, stroke and Parkinson's disease in Spanish populations: a review of door-to-door prevalence surveys. Neuroepidemiology 2005;24(4):179-88

3.- Donnan GA., Fisher M, Macleod M, Davis SM. Stroke. Lancet 2008; 371:1612-

4.- Sánchez Blanco. Monográfico sobre Rehabilitación de pacientes tras accidente cerebrovascular. Rehabilitación (Madr). 2000; 36: 395-518

5.- *Arias Cuadrado A. Rehabilitación del ACV: evaluación, pronóstico y tratamiento. Galicia Clin 2009; 70 (3): 25-40.*

6.- Adams H, Adams R, Del Zoppo G, Goldstein LB. Guidelines for the early management of patients with ischemic stroke: 2005 guidelines update a scientific statement from the Stroke Council of the American Heart Association/American Stroke Association. Stroke 2005;36(4):916-23.

7.- Price CI, Pandyan AD. Electrical stimulation for preventing and treating post-stroke shoulder pain: A systematic Cochrane review. *Clinical Rehabil.* 2001;15:5-19.

8.- Bisbe M, Santoyo C, Segarra V. *Fisioterapia en Neurología: Procedimientos para restablecer la capacidad funcional.* Madrid: Editorial Medica Panamericana; 2012. ISBN:978-84-9835-306-8.

9.- Stevens JE, Mizner RL, Snyder-Mackler L: Neuromuscular electrical stimulation for quadriceps muscle strengthening after bilateral total knee arthroplasty: a case series, *J Orthop Sports Phys Ther* 34:21-29, 2004.

10.- Lewek M, Stevens J, Snyder-Mackler L: The use of electrical stimulation to increase quadriceps femoris muscle force in an elderly patient following a total knee arthroplasty, *Phys Ther* 81:1565- 1571, 2001.

11.- Rochester L, Vujnovich A, Newstead D, Williams M. The influence of eccentric contractions and stretch on alpha motoneuron excitability in normal subjects and subjects with spasticity. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 2001; 41:171-7.

12.- Strokes M *Fisioterapia en la Rehabilitación Neurológica.* Madrid: Elsevier Mosby;2006.

13.- Michelle H.Cameron *Agentes físicos en rehabilitación: de la investigación a la práctica.* Cuarta Edición 2014 Ed: Elsevier España, ISBN:978-1-4557-2848-0.

14.- Stefanovska A, Rebersek S, Bajd T, Vodovnik L Effects of electrical stimulation on spasticity, *Crt. Rev Phys.Rehab Med* 1991;3:59-99

15.- Spaich E. y Tabernig B “Estimulación eléctrica y espasticidad”, *Rehabilitation (madr)* 2002,36(3):162-16

16.- Rosewilliam S, Malhotra S, Roffe C, Jones P and Pandyan A. Can surface neuromuscular electrical stimulation of the wrist and hand combined with routine therapy facilitate recovery of arm function in patients with stroke, Arch Phys Med Rehabil 2012; 93: 1715–1721.

17.- Malhotra S1, Rosewilliam S, Hermens H, Roffe C, Jones P, Pandyan AD. A randomized controlled trial of surface neuromuscular electrical stimulation applied early after acute stroke: effects on wrist pain, spasticity and contractures. Clin Rehabil. 2013 Jul;27(7):579-90. doi: 10.1177/0269215512464502.

18.- Hara Y: Neurorehabilitation with new functional electrical stimulation for hemiparetic upper extremity in stroke patients, J Nihon Med Sch 75:4-14, 2008.

19.- Hsu SS, Hu MH, Wang YH, et al: Dose-response relation between neuromuscular electrical stimulation and upper-extremity function in patients with stroke, Stroke 41:821-824, 2010.

20.- Lo HC, Tsai KH, Su FC, et al: Effects of a functional electrical stimulation-assisted leg-cycling wheelchair on reducing spasticity of patients after stroke, 2009 J Rehabil Med 41:242-246.

21.-You G, Liang H, Yan T. Functional electrical stimulation early after stroke improves lower limb motor function and ability in activities of daily living. Neurorehabilitation (2014) 381–389DOI:10.3233/NRE-141129.

22.-Hesse S, Reiter F, Konrad M, Jahnke MT. Botulinum toxin type A and short-term electrical stimulation in the treatment of upper limb flexor spasticity after stroke: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. Clinical Rehabilitation.1998 Oct;12(5):381-8.

23.- Tsua Mchiy, Morita A, Hara Y. Effect of Dual Therapy with Botulinum Toxin A Injection and Electromyography-controlled Functional Electrical Stimulation on Active Function in the Spastic Paretic Hand. *J Nippon Med Sch.* 2016;83(1):15-23. doi: 10.1272/jnms.83.15.

24.- Baker L. L., Parker K. Neuromuscular electrical stimulation of the muscles surrounding the shoulder. *Physical Therapy.*1986;66(12):1930–1937.

25.- Church C., Price C., Pandyan A. D., Huntley S., Curless R., Rodgers H. Randomized controlled trial to evaluate the effect of surface neuromuscular electrical stimulation to the shoulder after acute stroke. *Stroke.* 2006;37(12):2995–3001. doi: 10.1161/01.STR.0000248969.78880.82.

26.- Basmajian J. V., Bazant F. J. Factors preventing downward dislocation of the adducted shoulder joint. An electromyographic and morphological study. *The Journal of Bone and Joint Surgery A.*1959; 41:1182–1186.

27.- Ada L., Foongchomcheay A. Efficacy of electrical stimulation in preventing or reducing subluxation of the shoulder after stroke: a meta-analysis. *Australian Journal of Physiotherapy.*2002;48(4):257–267. doi:10.1016/S0004-9514(14)601653.

28.- Koyuncu E., Nakipoğlu-Yüzer G. F., Doğan A., Özgirgin N. The effectiveness of functional electrical stimulation for the treatment of shoulder subluxation and shoulder pain in hemiplegic patients: a randomized controlled trial. *Disability and Rehabilitation.* 2010;32(7):560–566. doi: 10.3109/09638280903183811.

29.- Vafadar AK1, Côté JN2, Archambault PS1. Effectiveness of functional electrical stimulation in improving clinical outcomes in the upper arm following stroke: a systematic review and meta-analysis. Hindawi Publishing Corporation. 2015:729768. doi: 10.1155/2015/729768.

30.- Wang R.-Y., Chan R.-C., Tsai M.-W. Functional electrical stimulation on chronic and acute hemiplegic shoulder subluxation. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2000;79(4):385–390. doi: 10.1097/00002060-200007000-00011.

31.- Kobayashi H., Onishi H., Ihashi K., Yagi R., Handa Y. Reduction in subluxation and improved muscle function of the hemiplegic shoulder joint after therapeutic electrical stimulation. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 1999;9(5):327–336. doi: 10.1016/S1050-6411(99)00008-5.

32.- Kim K. K., Kang M. J., Shin O. S., et al. The effect of Functional Electrical Stimulation on hemiplegic shoulder subluxation. *Journal of Korean Academy of Rehabilitation Medicine*. 2000;24(3)

33.- Linn S. L., Granat M. H., Lees K. R. Prevention of shoulder subluxation after stroke with electrical stimulation. *Stroke*. 1999;30(5):963–968. doi: 10.1161/01.STR.30.5.963.

34.- Faghri P. D., Rodgers M. M., Glaser R. M., Bors J. G., Ho C., Akuthota P. The effects of functional electrical stimulation on shoulder subluxation, arm function recovery, and shoulder pain in hemiplegic stroke patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1994;75(1):73–79.

35.- R. Y.Wang, Y. R. Yang, M.W. Tsai, W. T.Wang, and R. C. Chan, “Effects of functional electric stimulation on upper limb motor function and shoulder range of motion in hemiplegic patients,” *The American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 81, no. 4, pp. 283–290, 2002.

36.- . Nakipoglu Y., Koyuncu E., Ozgirgin N. Effectiveness of functional electrical stimulation on upper extremity rehabilitation outcomes in patients with hemiplegia due to cerebrovascular accident. *Turkiye Fiziksel Tip ve Rehabilitasyon Dergisi*. 2010;56(4):177–181. doi: 10.4274/tftr.56.177.

- 37.- Mangold S., Schuster C., Keller T., Zimmermann-Schlatter A., Ettl T. Motor training of upper extremity with functional electrical stimulation in early stroke rehabilitation. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2009;23(2):184–190. doi: 10.1177/1545968308324548.
- 38.- L. H. de Souza, R. Langton Hewer, and S. Miller, “Assessment of recovery of arm control in hemiplegic stroke patients. Arm function tests,” *International Rehabilitation Medicine*, vol. 2, no. 1, pp. 3–9, 1980.
- 39.- C. Collin and D. Wade, “Assessing motor impairment after stroke: a pilot reliability study,” *Journal of Neurology Neurosurgery & Psychiatry*, vol. 53, no. 7, pp. 576–579, 1990.
- 40.- C. Gowland, P. Stratford, M. Ward et al., “Measuring physical impairment and disability with the Chedoke-McMaster stroke assessment,” *Stroke*, vol. 24, no. 1, pp. 58–63, 1993.
- 41.- S. Brunnstrom, *Movement Therapy in Hemiplegia: A Neurophysiological Approach*, Harper & Row, New York, NY, USA, 1970.
- 42.- R. W. Bohannon and M. B. Smith, “Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity,” *Physical Therapy*, vol. 67, no. 2, pp. 206–207, 1987.
- 43.- A. R. Fugl Meyer, L. Jaasko, and I. Leyman, “The post stroke hemiplegic patient. I. A method for evaluation of physical performance,” *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, vol. 7, no. 1, pp. 13–31, 1975.

44.- B. Bobath, Adult Hemiplegia: Evaluation and Treatment, Heinemann Medical Books, London, UK, 3rd edition, 1990.

45.- Kim JH1, Lee BH. Mirror therapy combined with biofeedback functional electrical stimulation for motor recovery of upper extremities after stroke: a pilot randomized controlled trial. *Occupational Therapy Int.* 2015 Jun;22(2):51-60. doi: 10.1002/oti.1384

46.- Kim JH, Lee BH. Mirror therapy combined with biofeedback functional electrical stimulation for motor recovery of upper extremities after stroke: a pilot randomized controlled trial. *Occupational Therapy Int.* 2015 Jun;22(2):51-60. doi: 10.1002/oti.1384

47.- Bethoux F, Rogers HL, Nolan KJ, Abrams GM, Annaswamy TM, Brandstater M6, Browne B, Burnfield JM, Feng W, Freed MJ, Geis C, Greenberg J, Gudesblatt M, Ikramuddin F, Jayaraman A, Kautz SA, Lutsep HL, Madhavan S, Meilahn J, Pease WS, Rao N, Seetharama S, Sethi P, Turk MA, Wallis RA, Kufta C. The effects of peroneal nerve functional electrical stimulation versus ankle-foot orthosis in patients with chronic stroke: a randomized controlled trial. *Neurorehabilitation Neural Repair.* 2014 Sep;28(7): 68897. doi:10.1177/1545968314521007.

48.- Dunning K, O'Dell MW, Kluding P, McBride K Peroneal Stimulation for Foot Drop After Stroke: A Systematic Review. *Am J Phys Med Rehabil.* 2015 Aug;94(8):649-64. doi: 10.1097/PHM.0000000000000308.

49.- McCrimmon CM, King CE, Wang PT, Cramer SC, Nenadic Z, Do AH. Brain-controlled functional electrical stimulation therapy for gait rehabilitation after stroke: a safety study. *J Neuroeng Rehabil.* 2015 Jul 11; 12:57. doi: 10.1186/s12984-015-0050-4.

