



**Universitat de les  
Illes Balears**

Facultad de Enfermería y Fisioterapia

**Memoria del Trabajo de Fin de Grado**

# Efectividad de las corrientes de baja frecuencia en la denervación muscular por neuropraxia y axonotmesis

Carlota Forteza Rosselló

**Grado de Fisioterapia**

Año académico 2019-20

DNI del alumno: 43471008L

Trabajo tutelado por Carlos Moreno Gómez  
Departamento de Enfermería y Fisioterapia

Palabras clave del trabajo:

Corrientes de baja frecuencia, neuropraxia y axonotmesis, denervación muscular, atrofia.

## **RESUMEN**

**Introducción:** Los traumatismos de los nervios periféricos siguen siendo un gran agravante de la salud, que en ocasiones por su mala regeneración originan alguna discapacidad o pérdida funcional. En cuanto a la posibilidad de regeneración, la lesión depende de muchos factores, como son el tamaño de la lesión, la velocidad lenta de crecimiento de los axones, etc. Con relación a su clasificación, determinada por Seddon, comprende 3 grados de menor a mayor gravedad. En consideración a su abordaje terapéutico, el tratamiento más utilizado son las corrientes de baja frecuencia que ayudan a su regeneración nerviosa y funcional. Además, contribuyen en la disminución de la atrofia y la pérdida de fuerza muscular. Dentro de las corrientes se barajan algunas de ellas, como son las de tipo exponencial, corrientes con impulsos rectangulares o triangulares y estimulación eléctrica de 2 Hz o 20 Hz.

**Objetivo:** el objetivo principal de esta revisión es evaluar y analizar la evidencia científica de las corrientes eléctricas de baja frecuencia en la denervación muscular por neuropraxia y axonotmesis.

**Metodología:** se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos PubMed, Scopus y PEDro entre los meses de Marzo y Abril de 2020, seleccionando artículos entre los años 2002-2020, en Español o Inglés y sujetos con lesiones de los nervios periféricos.

**Resultados:** se encontraron en total 934 artículos de las tres bases, de los cuales finalmente 24 fueron los incluidos para esta revisión.

**Palabras clave:** Corrientes de baja frecuencia, neuropraxia y axonotmesis, denervación muscular, atrofia.

### **Abreviaturas:**

**EE:** estimulación eléctrica

**SNP:** sistema nervioso periférico

**SNC:** sistema nervioso central

## **ABSTRACT**

**Introduction:** Injuries to the peripheral nerves continue to be a major health aggravating factor, which sometimes due to its poor regeneration causes some disability or functional loss. Regarding the possibility of regeneration, the lesion depends on many factors, such as the size of the lesion, slow speed of axon growth, etc. In relation to its classification, determined by Seddon, includes 3 degrees from lower to higher severity. In consideration of its therapeutic approach, the most used treatment is low frequency currents that help its nervous and functional regeneration. In addition, they contribute to the decrease of atrophy and loss of muscle strength. Some of them are considered within the currents, such as those of the exponential type, currents with rectangular or triangular impulses and electrical stimulation of 2 Hz or 20 Hz.

**Objective:** The main objective of this review is to evaluate and analyze the scientific evidence of low frequency electric currents in muscle denervation by neuropraxia and axonotmesis.

**Methodology:** a bibliographic search was carried out in the PubMed, Scopus and PEDro databases between the months of March and April 2020, selecting articles between the years 2002-2020, in Spanish or English and subjects with peripheral nerve injuries.

**Results:** a total of 934 articles were found from the three bases, of which 24 were finally included for this review.

**Key words:** Low frequency currents, neuropraxia and axonotmesis, muscle denervation, atrophy.

## Índice

Introducción.....	5
Objetivos.....	8
Estrategia de búsqueda bibliográfica.....	8
Resultados.....	10
Discusión .....	11
Conclusión.....	16
Bibliografía.....	16
Anexos.....	20

## **Introducción**

Las lesiones en nervios periféricos continúan representando un gran contratiempo de la salud, desencadenando principios de discapacidad y pérdida funcional significativa. Su prevalencia está acotada en un intervalo estimado del 1% al 3%, donde los pacientes con un traumatismo desarrollarán una lesión del nervio periférico (1,2). Las principales entidades más comunes a sufrir dicha lesión son el género masculino y los niños. (2)

La discapacidad y el dolor, es sabido que atentan a la calidad de vida en las afecciones periféricas (2). Las circunstancias en las que se pueden dar las lesiones se describen en una infinidad de situaciones, principalmente asociadas a daños penetrantes, quemaduras, isquemias, tracciones, aplastamientos, etc (1). No obstante, se ha reconocido que la mayoría se producen durante las caídas (2). Después de una lesión traumática en el sistema nervioso periférico (SNP), hay una serie de consecuencias como la pérdida del dominio neural manifestándose con pérdida de la fuerza muscular, de la sensibilidad y de las regiones denervadas por adulteraciones en su regulación autónoma. Por lo que concierne, la recuperación funcional completa es escasa, a pesar de la capacidad de los axones para regenerar y reinervar los tejidos denervados (3).

La posibilidad de regeneración de un nervio, primordialmente se corresponderá con la magnitud de la lesión, la integridad del tubo endoneural y del sostén de las células de Schwann (1,3). Por lo que concierne a la lesión del nervio periférico, esta se clasifica en tres niveles como pueden ser agudo, subagudo y crónico. En primer lugar, las lesiones agudas son el efecto o consecuencia de las fuerzas de compresión, laceración o estiramiento aplicadas al nervio. En segundo y tercer lugar, las lesiones nerviosas subagudas o crónicas vienen dadas por un uso excesivo. La lesión por uso excesivo se desarrolla como resultado de múltiples factores, como son la repetición constante de uno o varios movimientos, la contracción o la tensión muscular permanente y los movimientos violentos (1). De manera que después, las lesiones de los nervios periféricos se categorizan en tres grados según su gravedad. Según la clasificación de Seddon, encontramos la neuropraxia (grado I), la axonotmesis (grado II) y la neurotmesis (grado III). (1,3,4)

En este trabajo, tendrá predominancia el grado I y el grado II. De modo que, la neuropraxia se caracteriza por ser la más leve y por tener una interrupción temporal de la conducción del impulso nervioso, debido a la desmielinización segmentaria, aunque no presente rotura anatómica. No obstante, en algunos casos podría ser que la mielina no fuera el único tipo de tejido que se interrumpe, ya que la alteración nerviosa por isquemia focal también puede contribuir a la lesión. En cuanto a su recuperación, esta se da de forma espontánea, comúnmente en aproximadamente 8 semanas teniendo un buen pronóstico (1,4). En cambio, la axonotmesis, es una lesión de más gravedad y suele producirse por aplastamiento o transección interrumpiendo la continuidad axonal. En los adultos, no se suelen perder motoneuronas a no ser que la lesión esté cerca del cuerpo celular (1,15). Por otro lado, la axonotmesis se distingue además por generar una degeneración valeriana e interrupción axonal, lo que se supone que el axón y la mielina se ven comprometidas en una suspensión originando un daño en el flujo axoplásmico. Por consiguiente, se conservan algunas estructuras del tejido conectivo con la contingencia de la regeneración valeriana, regenerándose a una velocidad aproximada de 1-3 mm por día.

En cuanto a las pruebas electrodiagnósticas, sobre todo en el grado II, se indica que hay una pérdida de conducción nerviosa distal a la lesión. Es decir que, en la electromiografía se contemplaran signos de denervación. Su recuperación, precisa mucho más de una regeneración axonal. Para que esta se pueda dar, dependerá de la regeneración del restablecimiento del flujo axonal, la remielinización y la reinnervación (4). Así pues, el pronóstico también dependerá del grado de desmielinización, la amplitud que haya de la pérdida axonal y la distancia al tejido diana (4). No obstante, la recuperación, suele ser de semanas con un pronóstico bueno. Pero si las lesiones están demasiado lejos de los objetivos, es decir, que hay una distancia larga entre el músculo y el nervio, la recuperación se da en meses (1,4).

Sería incongruente dentro de este estudio, no mencionar o no tener en cuenta lo que desarrollan las dos últimas lesiones mencionadas anteriormente. Principalmente, se desencadenan cambios degenerativos donde la placa motora pierde su forma específica desarrollando la denervación de los músculos, dando pie a la pérdida de actividad voluntaria y refleja, a la atrofia muscular y a la variación de la excitabilidad muscular (5). Referente a la atrofia, esta es definida por una disminución de la cantidad de

proteínas, orgánulos, diámetro de la fibra, etc. Asimismo, los principales factores que contribuyen en su causa vienen determinados por la denervación, las lesiones musculoesqueléticas, el reposo prolongado y las inmovilizaciones. Por eso en las lesiones de los nervios, dicha atrofia tendrá inicio con la disminución de la tensión muscular, generando una reducción y degeneración de las síntesis de proteínas (7).

Por otro lado, hay que tener en cuenta el periodo de tiempo en que la lesión no es abordada y la pérdida de los axones que ha sufrido, como es en el caso de la axonotmesis (4,14). Se establece que después de los 18-24 meses la posibilidad de regeneración o inervación muscular es muy difícil, por lo tanto, si la lesión se perpetúa en el tiempo su pronóstico es menor (4). Es por eso que, hay una recuperación deficiente y viene dada principalmente por la mala regeneración de los axones. La regeneración axonal del segmento proximal de un nervio periférico que ha sido lesionado y especialmente, cortado o aplastado, debe alargarse en una vía del segmento distal y así alcanzar el objetivo diana. No obstante, la elongación es muy lenta, de manera que, si la distancia que hay entre el tejido diana y el nervio es larga, el tiempo de recuperación se prolonga. Asimismo, el crecimiento de los axones precisa de moléculas promotoras del crecimiento que con el tiempo su capacidad de apoyar la elongación disminuye, creciendo solo 1 mm/día. Por lo que se obtiene una denervación crónica, generando una recuperación incompleta (4,14).

Para hacer frente a dichos problemas, tanto a la denervación como a la atrofia muscular, hay una diversidad de procedimientos tanto quirúrgicos como injertos o tecnologías basadas en la ingeniería tisular (6). No obstante, entre las terapias más habituales en la práctica clínica, encontramos la estimulación eléctrica (EE) de baja frecuencia (7). En su uso, la EE de baja frecuencia acelera la regeneración nerviosa y la recuperación funcional (1,8,9). Para estimular selectivamente un músculo denervado, se precisa de una estimulación que sea directa para generar una mayor carga en la fibra muscular (5).

Por lo que concierne, a la estipulación de un programa de protocolo para solventar la denervación muscular y la atrofia, es un punto de gran controversia hoy en día. Dentro del marco de las corrientes, se difiere el uso de corrientes exponenciales, corrientes de baja frecuencia con impulsos rectangulares o triangulares, impulsos bifásicos con

diversas frecuencias que van desde 2Hz a 20 Hz y la EE de 20 Hz durante 1 hora al día (8,10,11,12).

Finalmente, hay que tener en cuenta que las corrientes eléctricas son técnicas muy utilizadas en la práctica diaria de fisioterapia. Dado su interés, dicho tema fue propuesto como un posible tema para el trabajo final de grado por varios profesionales durante las Jornadas de presentación de TFG en el curso 2018-2019, realizadas por la Facultad de Enfermería y Fisioterapia de la Universidad de las Islas Baleares.

## **Objetivos**

### *Objetivo general:*

- Revisar la evidencia científica de las corrientes eléctricas de baja frecuencia en la denervación muscular por neuropraxia y axonotmesis.

### *Objetivos específicos:*

- Demostrar que la estimulación eléctrica mediante las corrientes exponenciales interviene en el retraso y mejora de la atrofia muscular.
- Evaluar que parámetros (intensidad, duración, polaridad, tipo de impulso, etc) de las corrientes de baja frecuencia son más eficaces para obtener una regeneración de la denervación muscular.

## **Estrategia de búsqueda bibliográfica**

Para determinar la efectividad de las corrientes de baja frecuencia en la denervación muscular por neuropraxia y axonotmesis, se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica entre los meses de Marzo y Abril de 2020. Se escogieron las palabras clave para transformarlas en descriptores y así proceder a realizar una búsqueda en la base de datos. Así que dichos descriptores, divididos en primarios (o de raíz) y secundarios obtenidos en el Decs fueron:



	<b>Castellano</b>	<b>Inglés</b>
<i>Raíz</i>	Terapia por estimulación eléctrica	Electric stimulation therapy
	Denervación muscular	Muscle denervation
	Regeneración nerviosa	Nerve regeneration
	Traumatismos del Sistema nervioso	Trauma, nervous system
<i>Secundario (s)</i>	Atrofia	Atrophy
	Traumatismos de los nervios periféricos	Peripheral Nerve Injuries

En una primera búsqueda bibliográfica la dirección focalizada fue entorno a la terapia por estimulación eléctrica con de los demás descriptores primarios o de raíz, siguiendo una serie de criterios de inclusión como son: artículos basados en una población femenina y masculina con lesión nerviosa periférica de edad adulta, evaluación de la electroestimulación eléctrica de baja frecuencia en pacientes con neuropraxia y axonotmesis o alguna lesión nerviosa periférica, comparaciones entre frecuencias de las corrientes en población adulta y artículos sobre la regeneración nerviosa y el tratamiento de ella.

Tocante a los criterios de exclusión, fueron determinados por: estudios solamente con animales, artículos sin relevancia al tema de revisión, artículos publicados hasta el año 2002 (ya que la única evidencia sobre las corrientes exponenciales se encontraba en los últimos 20 años), estudios clínicos donde el tratamiento de intervención sea exclusivamente la cirugía.

En relación con los límites utilizados en PubMed y Scopus fueron los siguientes: años de publicación comprendidos entre el 2002-2020, disponibilidad del texto accesible, raza humana e idiomas en inglés y español. En cuanto a la base de datos de PEDro, los límites fueron los mismos pero los años de publicación de acotaron del 2008-2020.

En la segunda búsqueda se llevó el mismo proceso que en la anterior, únicamente cambiando la combinación de descriptores y booleanos.

## Resultados

A partir de la obtención de los descriptores se llevó a cabo para la revisión bibliográfica una búsqueda primaria en la base de datos PUBMED, Scopus y PEDro. La combinación de descriptores y booleanos fue la misma para todas las bases y su combinación fue la siguiente:

- *(Electric stimulation therapy AND (nerve regeneration OR muscle denervation OR trauma, nervous system))*

De esta manera en la primera base PubMed se obtuvieron un total de 407 artículos, de los cuales se seleccionaron 31. Por consiguiente, se procedió a la lectura completa de los cuales 14 fueron seleccionados definitivamente y 17 eliminados. Además, se incluyeron dos artículos en base a la bibliografía de dos artículos de los 14 para elaborar la investigación. Por lo tanto, el resultado final de los artículos escogidos fue de 16 (14 obtenidos directamente de la base y 2 introducidos por bola de nieve).

Respecto a la base de Scopus se obtuvieron un total de 283 artículos, donde se seleccionaron 6. Durante la lectura completa de ellos 3 fueron descartados, quedando únicamente 3 definitivos para la investigación.

Asimismo, en la base de revisión de PEDro el resultado fue de 151 artículos de los cuales solamente 1 fue seleccionado.

En la segunda búsqueda, se realizó con los descriptores secundarios y uno primario únicamente en la base de datos de PubMed, donde la combinación con los descriptores y booleanos (AND y OR) se determinó de la siguiente forma:

- *(Electric stimulation therapy) AND (Peripheral Nerve Injuries OR Atrophy)*

En referente a los resultados se obtuvieron 93 artículos en total, entre los cuales se seleccionaron 4 artículos.

De este modo, se obtuvieron en total 934 artículos de todas las bases quedando un total de 20 artículos seleccionados de PubMed (búsqueda tanto primaria como secundaria), 3 artículos de Scopus y 1 artículo de PEDro. Constituyendo un total de 24 artículos para

desarrollar la revisión. Por otra parte, en el Anexo 1, se encuentra la descripción completa y detallada de todos los artículos seleccionados, incluyendo el nivel de evidencia y grado de recomendación. Además, en el Anexo 2, se presentan los criterios que se han seguido para determinar el grado de evidencia y recomendación según la *Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN)*.

## **Discusión**

Mediante esta revisión bibliográfica, se han obtenido una serie de resultados para evidenciar la efectividad de las corrientes de baja frecuencia en la denervación muscular de las lesiones de los nervios periféricos, sobre todo por neuropraxia y axonotmesis. Y a su vez, de cómo influyen las corrientes exponenciales en el manejo de la denervación y las corrientes de baja frecuencia en el retraso de la atrofia.

Las lesiones de los nervios periféricos causan cambios en el sistema nervioso periférico y central poniendo de manifiesto fundamentalmente la denervación muscular, que a su vez desarrolla una pérdida en el movimiento voluntario y reflejo, continuada de una atrofia y unas alteraciones en la excitabilidad muscular (5,13). Dichos cambios, se inician inminentemente después de la lesión desarrollando su deterioro (13). Por consiguiente, pueden dar lugar a una pérdida sustancial de la función motora y sensorial con elevados grados de depauperación, causando un efecto perjudicial en la calidad de vida relacionada con la salud (13).

La recuperación del nervio periférico viene determinada principalmente por la gravedad y la ubicación de la lesión nerviosa. Pese a que, se ha demostrado que los nervios periféricos lesionados regeneran sus axones, principalmente por las células de Schwann como células gliales del SNP que promueven la formación de la mielina alrededor de los axones (14-17), habitualmente la regeneración es deficiente en humanos. Muchas veces, en el caso de la axonotmesis y neurotmesis la recuperación funcional no es completa por la poca capacidad regenerativa de las células de Schwann, que son denervadas con el tiempo. Si la reinnervación se retrasa, los tubos basales de las células de Schwann se degeneran y fortuitamente desaparecen. Además, el tejido muscular comienza a sufrir atrofia y es menos propenso a la reinnervación. Asimismo, el crecimiento de los axones repercute claramente ya que es muy lento, haciendo que la

denervación se prolongue aún más en el tiempo generando una regeneración pobre (14-17,20).

Por lo que, si la regeneración se da sin éxito en la neuropraxia y axonotmesis, la principal consecuencia a tener en cuenta será la atrofia (4). Si se tratara de una atrofia a corto plazo, su pronóstico podría ser reversible y sin secuelas posteriores (13). Pero si, por el contrario, esta atrofia se mantuviera en el tiempo de manera prolongada podría originar una serie de alteraciones irreversibles en el músculo si sobrepasara los periodos de 18-24 meses (4).

En cuanto a las técnicas para promover la regeneración nerviosa, hay un gran espectro de procedimientos como la cirugía, los injertos y autoinjertos (6). Sin embargo, referente a las estrategias terapéuticas, la EE de baja frecuencia ha sido la técnica estándar de práctica clínica más utilizada para el manejo de los músculos denervados (1,14,22). Es por esa razón, que la EE se establece como un objetivo y enfoque terapéutico para el abordaje de la reparación temprana y eficaz de las lesiones nerviosas (1,8).

Poniendo en contexto las corrientes de baja frecuencia mediante algunos estudios y revisiones, estos respaldan que ayudan en la aceleración del crecimiento axonal motor y sensorial y mejora el área transversal que, incluso después de una intervención quirúrgica, ayuda en la recuperación de la regeneración nerviosa y de la reinnervación muscular (4,14,16). Fisiológicamente, la EE aumenta el monofosfato de adenosina cíclico neuronal y, a su vez, la expresión de factores neurotróficos y otros genes coparticipe al crecimiento, incluidas las proteínas citoesqueléticas que hacen posible el retraso de la atrofia muscular (14,23).

En un estudio no analítico se observó la repercusión que tienen las corrientes exponenciales, como corrientes de baja frecuencia, en el abordaje de la neuropraxia o axonotmesis (10). Según el autor *H. Kern et al.* analizó que la estimulación eléctrica con corriente exponencial podría disminuir la atrofia y en cierto modo conservar el músculo a lo largo de la parálisis flácida no persistente (11). Dado que, la corriente exponencial, podría usarse para lesiones momentáneas como la paresia del plexo o en el trastorno de

los nervios periféricos con o sin cirugía, para poder permitir las membranas postsinápticas y sus umbrales y así retrasar la atrofia (11).

Relacionando el tipo de impulso de las corrientes exponenciales, según el autor *K. Pieber et al* estudió también los impulsos de tipo triangular para el manejo de los músculos denervados (5). Conforme con el autor, describe que los músculos denervados precisan de una estimulación que sea directa a la fibra muscular con una mayor carga eléctrica y un alto número de contracciones (5). Por ello, necesitan ser estimulados por un tipo de impulso que sea triangular de larga duración (100-500 ms) con una elevación lenta, ya que dichos músculos tienen menos capacidad de acomodación y así se evitaría la sobreestimulación de los músculos vecinos que están inervados (5). El largo de subida y de duración del impulso, sería adecuado para poder llevar a cabo la estimulación de las fibras denervadas, ya que sus valores de cronaxia son muy altos ( $> 1$  ms) (5). No obstante, dichos estudios tienen una contribución estadística poco significativa.

Por otra parte, referente a la perpetuación de la atrofia, la literatura científica ha demostrado que hay beneficios en las propiedades contráctiles del músculo con un aumento de la actividad contráctil inducida por la EE de baja frecuencia (13,14,18).

Con respecto a la denervación muscular y atrofia, según la autora *Christine B. Novak et al* describe que para estimular un músculo denervado se utiliza el manejo de una corriente continua de baja frecuencia o galvánica. Sin embargo, afirma que la corriente continua de baja frecuencia es la que se utiliza en la práctica clínica, ya que la corriente galvánica no se sustenta en la evidencia clínica y por lo tanto se descarta su uso (13). En consecuencia, especifica que la EE se debe aplicar directamente al músculo con la finalidad de optimizar las fibras musculares que han sido denervadas. No obstante, argumenta que la EE tiene otros enfoques con el objetivo de mejorar la recuperación muscular y la regeneración nerviosa, proporcionando una reinnervación muscular reduciendo el tiempo de denervación muscular (13).

Por otro lado, según un ensayo clínico, en el que participaron 40 personas con una denervación muscular en el cuádriceps, se planteó un programa de entrenamiento con diferentes frecuencias y duraciones de impulso. Principalmente, se inició con una

contracción muscular determinada por impulsos rectangulares bifásicos, con una duración de 120-150 ms (12). Durante el estudio, dichos impulsos se aplicaron con una frecuencia de 2 Hz en ráfagas de 5 s de duración y 2 s de pausa con una intensidad de hasta 160 Vpp durante 15 minutos (5 días a la semana) (12). Después de unos meses, cuando la excitabilidad del músculo había mejorado bastante, se llevaron a cabo impulsos de menor duración. Durante esta fase, el enfoque fue aumentado con un modelo de tetanización de forma que los impulsos, pasaron a ser de 70 ms a 5 Hz y posteriormente a 40 ms a 20 Hz con ráfagas de 2 segundos y 2 segundos de descanso durante 15 minutos (12). Lo que supone que, el modelo tetánico produjo contracciones más rápidas y fuertes mejorando la excitabilidad y la fuerza muscular (12).

Después de todo, la EE de baja frecuencia por la que se han realizado más estudios y revisiones que avalen su evidencia, ha sido la breve EE de 20 Hz de 1 hora. Dicha EE se ha utilizado tanto en intervenciones postquirúrgicas como en lesiones periféricas en un periodo de tiempo más largo, donde su recuperación es más ardua (1,6,14-17,19-20). La teoría y práctica apunta, que la EE de baja frecuencia tiene beneficios en la regeneración motora y sensorial del axón (9,16-24). En el ámbito postoperatorio, dicha EE se aplica mediante electrodos implantados o por agujas mostrando unos hallazgos, donde la EE puede ser suficiente para detener la atrofia muscular en lesiones axotomizadas crónicamente (14,16,20). Mediante una revisión, el autor *Roger M. Enoka et al.* afirma que la EE mediante electrodos intramusculares con una frecuencia de 20 Hz e impulsos de 0,5 ms de duración pueden restaurar una fuerza igual al 70% de la fuerza máxima alcanzada durante una contracción voluntaria máxima (23).

Con relación a los periodos de aplicación de la EE baja frecuencia, según el autor *T. Gordon et al.* afirma en una revisión sistemática que los periodos cortos como de un día o 3, la velocidad de crecimiento mediante la EE se incrementa de 1-3 mm/día en humanos (14). Por lo tanto, un período de estimulación continua de 2 semanas a 20 Hz de 1 hora sería ya eficaz para apoyar el crecimiento de los axones. La razón para estimular el nervio durante 2 semanas es que, en este periodo, se incrementa la aceleración para la recuperación de las fuerzas contráctiles del músculo (4,14,16). Sin embargo, la EE continua durante varias semanas no es beneficiosa. Pero si por el caso, se tratara de una lesión por aplastamiento dando como resultado una axonotmesis, el periodo de aplicación de la EE debería ser a lo largo de las 35 semanas siempre que

fuera de manera alternada, ya que es cuando las motoneuronas podrían regenerar prácticamente al completo sus axones (14,19).

En comparación, cabe destacar los tiempos de aplicación de la EE, donde según un estudio de *Huang et al.* exponía que se producía un aumento muy pequeño, pero significativo de 10% y 3% en la regeneración axonal a través de las neuronas sensoriales y motoras, cuando el nervio ciático simplemente fue sometido a un periodo de 20 minutos de EE de baja frecuencia (14). No obstante, se ha demostrado que el tiempo de 1 hora ha sido más eficaz dando buenos resultados en la recuperación de axones y en las fuerzas contráctiles del músculo (14,16). Además, tal como dice el autor *T. Gordon et al.* si se aumentaran los tiempos de aplicación más de una hora, la EE esta sería ineficaz para las neuronas sensoriales, ya que retrasarían el crecimiento axonal (14).

En consecuencia, se demuestra en algunos ensayos y revisiones que la EE de baja frecuencia de 1 hora podría incidir más en las primeras etapas de regeneración neuronal, previniendo la degeneración valeriana y la preservación de la mielinización de las células de Schwann (4,8,13). También, la EE ha demostrado tener eficacia en los largos periodos en que las neuronas afectas han permanecido sin contacto con el objetivo (16). Lo que supondría una mejora en la recuperación y regeneración nerviosa, haciendo participe al aumento de la recuperación funcional muscular restituyéndola considerablemente, así como disminuyendo también la atrofia muscular (17,19,21). De igual forma, en la fase de recuperación hay que tener en consideración la instauración de una óptima función motora después de una lesión nerviosa, teniendo en cuenta la recuperación del equilibrio muscular y el movimiento pasivo de la articulación asociada al músculo o grupo muscular del nervio afecto (13). De modo que, es importante considerar estos factores ya que, durante el período de rehabilitación de la lesión muchos pacientes desarrollan patrones alterados inducidos por movimientos compensatorio y debilidades musculares por desuso, en lugar de denervación. Al final, la incorporación y coordinación de la reeducación motora y sensorial son fundamentales para optimizar el resultado (13).

## **Conclusión**

Las corrientes de baja frecuencia dentro del ámbito terapéutico, podrían ser una buena opción para el abordaje de las lesiones de los nervios periféricos. Entre ellas, encontramos algunas variedades que en su medida tienen más evidencia que otras.

En el caso de las corrientes exponenciales, pocos resultados y estudios respaldan su evidencia en los músculos denervados. De modo que, actualmente se descarta su uso en el ámbito fisioterapéutico.

En cuanto a los impulsos triangulares, aún no se han realizado los estudios suficientes donde se comparen los impulsos rectangulares con los triangulares en humanos. Otro tipo de impulso han sido los bifásico, estos han dado buenos resultados, pero siguen faltando estudios para que se sustente su evidencia.

No obstante, cabe destacar que la EE de baja frecuencia 20 Hz de 1 hora podría ser la mejor alternativa de tratamiento terapéutico por el momento para la denervación muscular, el restablecimiento de fuerza y la prevención de la atrofia muscular. Sin embargo, aún no se ha determinado que tipo de impulso sería el más eficaz.

Finalmente, a día de hoy el tratamiento por corrientes en la denervación muscular aún sigue siendo un tema de discusión, ya que aún no hay los suficientes estudios que puedan avalar su eficiencia tanto en el tipo de corriente de baja frecuencia, ni en el tipo de impulso, frecuencias, periodos o tiempos de aplicación para determinar cuáles son los más adecuados y eficaces.

## **Bibliografía**

1. Modrak M, Talukder MAH, Gurgenshvili K, Noble M, Elfar JC. Peripheral nerve injury and myelination: Potential therapeutic strategies. *J Neurosci Res.* 2020;98(5):780–95.
2. Jones S, Eisenberg HM, Jia X. Advances and future applications of augmented peripheral nerve regeneration. *Int J Mol Sci.* 2016;17(9):1–17.
3. Radić B, Radić P, Duraković D. Peripheral nerve injury in sports. *Acta Clin*



- Croat. 2018;57(3):561–9.
4. Lolis AM, Falsone S, Beric A. Common peripheral nerve injuries in sport: diagnosis and management [Internet]. 1st ed. Vol. 158, Handbook of Clinical Neurology. Elsevier B.V.; 2018. 401–419 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-63954-7.00038-0>
  5. Pieber K, Herceg M, Paternostro-Sluga T, Schuhfried O. Optimizing stimulation parameters in functional electrical stimulation of denervated muscles: A cross-sectional study. J Neuroeng Rehabil [Internet]. 2015;12(1):1–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/s12984-015-0046-0>
  6. De Albornoz PM, Delgado PJ, Forriol F, Maffulli N. Non-surgical therapies for peripheral nerve injury. Br Med Bull. 2011;100(1):73–100.
  7. Salvini TF, Durigan JLQ, Peviani SM, Russo TL. Efeitos da eletroestimulação e do alongamento muscular sobre a adaptação do músculo desnervado – implicações para a fisioterapia Effects of electrical stimulation and stretching on the adaptation of denervated skeletal muscle – implications for physical t. Rev Bras Fisioter [Internet]. 2012;16(3):175–83. Available from: [http://www.scielo.br/pdf/rbfis/v16n3/pt\\_aop024\\_12.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rbfis/v16n3/pt_aop024_12.pdf)
  8. Kim J, Choi JY. The effect of subthreshold continuous electrical stimulation on the facial function of patients with Bells palsy. Acta Otolaryngol. 2016;136(1):100–5.
  9. Fu T, Jiang L, Peng Y, Li Z, Liu S, Lu J, et al. Electrical Muscle Stimulation Accelerates Functional Recovery After Nerve Injury. Neuroscience [Internet]. 2020;426(November):179–88. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2019.10.052>
  10. Kern H, Hofer C, Mödlin M, Forstner C, Raschka-Högler D, Mayr W, et al. Denervated muscles in humans: Limitations and problems of currently used functional electrical stimulation training protocols. Artif Organs. 2002;26(3):216–8.
  11. Kern H, Hofer C, Strohhofer M, Mayr W, Richter W, Stöhr H. Standing up with denervated muscles in humans using functional electrical stimulation. Artif Organs. 1999;23(5):447–52.

12. Mödlin M, Forstner C, Hofer C, Mayr W, Richter W, Carraro U, et al. Electrical stimulation of denervated muscles: First results of a clinical study. *Artif Organs*. 2005;29(3):203–6.
13. Novak CB, von der Heyde RL. Evidence and techniques in rehabilitation following nerve injuries. *Hand Clin* [Internet]. 2013;29(3):383–92. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.hcl.2013.04.012>
14. Gordon T. Electrical Stimulation to Enhance Axon Regeneration After Peripheral Nerve Injuries in Animal Models and Humans. *Neurotherapeutics*. 2016;13(2):295–310.
15. Gordon T, Gordon K. Nerve regeneration in the peripheral nervous system versus the central nervous system and the relevance to speech and hearing after nerve injuries. *J Commun Disord* [Internet]. 2010;43(4):274–85. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcomdis.2010.04.010>
16. Gordon T. Nerve Regeneration. Understanding Biology and Its Influence on Return of Function After Nerve Transfers. *Hand Clin* [Internet]. 2016;32(2):103–17. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.hcl.2015.12.001>
17. Gordon T, English AW. Strategies to promote peripheral nerve regeneration: Electrical stimulation and/or exercise. *Eur J Neurosci*. 2016;43(3):336–50.
18. Adiguzel E, Yaşar E, Tecer D, Güzelküçük Ü, Taşkınatan MA, Kesikburun S, et al. Peripheral nerve injuries: Long term follow-up results of rehabilitation. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2016;29(2):367–71.
19. Ray WZ, Mahan MA, Guo D, Guo D, Kliot M. An update on addressing important peripheral nerve problems: challenges and potential solutions. *Acta Neurochir (Wien)*. 2017;159(9):1–9.
20. Willand MP, Nguyen MA, Borschel GH, Gordon T. Electrical Stimulation to Promote Peripheral Nerve Regeneration. *Neurorehabil Neural Repair*. 2016;30(5):490–6.
21. English AW, Wilhelm JC, Ward PJ. Exercise, Neurotrophins, And axon regeneration in the PNS. *Physiology*. 2014;29(6):437–45.
22. Polymer S, Nerve B, Conduits G. ES on Nerve Guide Review. 2017; 43:131–59.

23. Enoka RM, Amiridis IG, Duchateau J. Electrical stimulation of muscle: Electrophysiology and rehabilitation. *Physiology*. 2020;35(1):40–56.
24. Gera S, Gangadharan N, Navin BP, Tharion G, Chalageri PH, Thomas R, et al. Electrical Stimulation and assessment of the induced force in the Denervated Muscle. *IEEE Reg 10 Annu Int Conf Proceedings/TENCON*. 2019;2019-October:2046–50.

## Anexos

### Anexo 1. Tabla descriptiva de los artículos

1	<b>Nombre del artículo</b>	<i>"Electrical Stimulation to Enhance Axon Regeneration After Peripheral Nerve Injuries in Animal Models and Humans"</i>
	<b>Autores</b>	Tessa Gordon
	<b>Base de datos</b>	PubMed
	<b>Año</b>	2016
	<b>Objetivo</b>	Exponer la evidencia de la breve estimulación en la efectividad de la aceleración del crecimiento axonal, incluso después de una cirugía.
	<b>Resultados/conclusión</b>	La efectividad de la breve estimulación eléctrica de baja frecuencia en la aceleración del crecimiento del axón da como resultado una recuperación funcional acelerada y mejorada. Adoptar por la estimulación eléctrica breve en una situación intraoperatoria puede convertirse en el estándar de práctica en el manejo de lesiones de los nervios periféricos.
	<b>Motivo de inclusión</b>	Resulta de gran interés ya que habla de la regeneración nerviosa y cómo influyen las corrientes de baja frecuencia en ella, tanto después de una cirugía como no.
	<b>Nivel de evidencia</b>	1-
	<b>Grado de recomendación</b>	B
2	<b>Nombre del artículo</b>	<i>"Optimizing stimulation parameters in functional electrical stimulation of denervated muscles: a cross-sectional study"</i>
	<b>Autores</b>	Karin Pieber
	<b>Base de datos</b>	PubMed
	<b>Año</b>	2015
	<b>Objetivo</b>	Evaluar de qué manera influye la polaridad y la duración del pulso de los impulsos triangulares en los músculos denervados en pacientes con lesiones del nervio periférico.
	<b>Resultados/conclusión</b>	Pacientes con músculo anterior tibialis denervado presentaron intensidades inferiores significativas con una duración de 200 ms.

		Recomiendan la EE en la TA con pulsos de corriente triangulares con duración de 200 ms.
	<b>Motivo de inclusión</b>	Hace comparaciones con impulsos diferentes y cómo influyen en la denervación muscular.
	<b>Nivel de evidencia</b>	3
	<b>Grado de recomendación</b>	D
<b>3</b>		
	<b>Nombre del artículo</b>	<i>"Nerve Regeneration Understanding Biology and Its Influence on Return of Function After Nerve Transfers"</i>
	<b>Autores</b>	Tessa Gordon
	<b>Base de datos</b>	PubMed
	<b>Año</b>	2016
	<b>Objetivo</b>	Presentar la biología de la lesión del nervio periférico, regeneración nerviosa, y brote axonal.
	<b>Resultados/conclusión</b>	La breve EE de baja frecuencia que acelera la reinnervación nerviosa y la recuperación funcional e inserción de puentes cruzados.
	<b>Motivo de inclusión</b>	Evalúa la EE de baja frecuencia en lesiones de los nervios periféricos en población humana.
	<b>Nivel de evidencia</b>	2++
	<b>Grado de recomendación</b>	B
<b>4</b>		
	<b>Nombre del artículo</b>	<i>"Peripheral nerve injuries: Long term follow-up results of rehabilitation"</i>
	<b>Autores</b>	Emre Adiguzela
	<b>Base de datos</b>	PubMed
	<b>Año</b>	2016
	<b>Objetivo</b>	Determinar datos epidemiológicos y etiológicos de pacientes con lesión nerviosa periférica. También saber qué factores influyen en la eficacia de la rehabilitación de las lesiones nerviosas periféricas.
	<b>Resultados/conclusión</b>	La etiología de los pacientes no afectó a los resultados a largo plazo de una lesión en los nervios periféricos. Los resultados de este estudio podrían ayudar a los equipos de rehabilitación a guiar su seguimiento.
	<b>Motivo de inclusión</b>	Incluye datos epidemiológicos de las lesiones de los nervios periféricos.
	<b>Nivel de evidencia</b>	2+

	<b>Grado de recomendación</b>	D
<b>5</b>	<b>Nombre del artículo</b>	<i>"An update on addressing important peripheral nerve problems: challenges and potential solutions"</i>
	<b>Autores</b>	Wilson Z. Ray
	<b>Base de datos</b>	PubMed
	<b>Año</b>	2017
	<b>Objetivo</b>	Investigar el manejo de cuatro áreas en el ámbito de los trastornos y tratamientos de los nervios periféricos.
	<b>Resultados/conclusión</b>	Actualización del abordaje de los nervios periféricos.
	<b>Motivo de inclusión</b>	Introduce la EE de baja frecuencia para mejorar la regeneración nerviosa.
	<b>Nivel de evidencia</b>	1-
	<b>Grado de recomendación</b>	B
<b>6</b>	<b>Nombre del artículo</b>	<i>"Electrical Stimulation to Promote Peripheral Nerve Regeneration"</i>
	<b>Autores</b>	Michael P. Willand
	<b>Base de datos</b>	PubMed
	<b>Año</b>	2015
	<b>Objetivo</b>	Revisar la base biológica para los efectos de la estimulación eléctrica breve aguda de baja frecuencia sobre la regeneración axonal.
	<b>Resultados/conclusión</b>	La aplicación inminente de la EE breve aguda de baja frecuencia después de la reparación quirúrgica promueve eficazmente la regeneración axonal.
	<b>Motivo de inclusión</b>	Estudia la EE de baja frecuencia sobre la regeneración de los axones.
	<b>Nivel de evidencia</b>	1+
	<b>Grado de recomendación</b>	A
<b>7</b>	<b>Nombre del artículo</b>	<i>"Exercise, Neurotrophins, and Axon Regeneration in the PNS"</i>
	<b>Autores</b>	Arthur W. English
	<b>Base de datos</b>	PubMed

	<b>Año</b>	2014
	<b>Objetivo</b>	Como influye la EE y otras terapias en las lesiones de los nervios periféricos.
	<b>Resultados/conclusión</b>	La EE mejora la regeneración de axones en diferentes modelos de lesión del nervio periférico. Además, terapias asociadas a la actividad, como el ejercicio, también podrían aplicarse para mejorar la recuperación funcional.
	<b>Motivo de inclusión</b>	Aporta información de la EE de baja frecuencia y otras terapias en la regeneración funcional.
	<b>Nivel de evidencia</b>	2++
	<b>Grado de recomendación</b>	B
<b>8</b>	<b>Nombre del artículo</b>	<i>“Peripheral nerve injury in sports”</i>
	<b>Autores</b>	Borislav Radić
	<b>Base de datos</b>	PubMed
	<b>Año</b>	2018
	<b>Objetivo</b>	Describir las principales lesiones nerviosas periféricas en el deporte y como es su diagnóstico y tratamiento.
	<b>Resultados/conclusión</b>	Las lesiones de los nervios periféricos en los deportes son poco frecuentes. El abordaje incluye terapia física, análisis de mecanismos de lesión nerviosa, y ocasionalmente tratamiento quirúrgico.
	<b>Motivo de inclusión</b>	Describe las lesiones de los nervios periféricos y su tratamiento más idóneo, aunque sea en el ámbito deportivo.
	<b>Nivel de evidencia</b>	1+
	<b>Grado de recomendación</b>	B
<b>9</b>	<b>Nombre del artículo</b>	<i>"Nerve regeneration in the peripheral nervous system versus the central nervous system and the relevance to speech and hearing after nerve injuries"</i>
	<b>Autores</b>	Tessa Gordon
	<b>Base de datos</b>	PubMed
	<b>Año</b>	2010

	<b>Objetivo</b>	Como se da la regeneración de axones en el sistema nervioso central y los problemas. Además, de ciertas soluciones para la reinnervación aleatoria de los músculos laríngeos para el habla.
	<b>Resultados/conclusión</b>	En la regeneración intervienen las células de Schwann en el sistema nervioso periférico (SNP) y oligodendrocitos en el sistema nervioso central (SNC). No obstante, los oligodendrocitos no apoyan lo suficiente la regeneración nerviosa después de la lesión.
	<b>Motivo de inclusión</b>	Informa sobre cómo se da la regeneración nerviosa y quién interviene en ella.
	<b>Nivel de evidencia</b>	3
	<b>Grado de recomendación</b>	D
<b>10</b>	<b>Nombre del artículo</b>	<i>"The effect of subthreshold continuous electrical stimulation on the facial function of patients with Bell's palsy"</i>
	<b>Autores</b>	Jin Kim
	<b>Base de datos</b>	PubMed
	<b>Año</b>	2015
	<b>Objetivo</b>	Determinar si la estimulación eléctrica continua de subumbral a 20 Hz facilita la recuperación funcional de los pacientes con parálisis de Bell.
	<b>Resultados/conclusión</b>	La tasa global de recuperación de pacientes entre los tratados con prednisolona o/y aciclovir más estimulación eléctrica (96%) fue significativamente mejor ( $p < 0.05$ ) que la tasa entre los tratados con prednisolona o/y aciclovir (88%).  La efectividad de la EE de bajo umbral, continua y de baja frecuencia sugiere un nuevo enfoque terapéutico para acelerar la regeneración nerviosa y mejorar la recuperación funcional después de la lesión.
	<b>Motivo de inclusión</b>	Expone características de un tipo de EE de baja frecuencia y cómo influye en la recuperación funcional.
	<b>Nivel de evidencia</b>	1++
	<b>Grado de recomendación</b>	A
<b>11</b>	<b>Nombre del artículo</b>	<i>"Electrical Stimulation of Denervated Muscles: First Results of a Clinical Study"</i>



	<b>Autores</b>	Michaela Mödlin
	<b>Base de datos</b>	PubMed
	<b>Año</b>	2005
	<b>Objetivo</b>	Desarrollar protocolos de estimulación en experimentos con animales y prácticas en humanos con miembros inferiores desnervados.
	<b>Resultados/conclusión</b>	Con un protocolo de estimulación adecuado, que sólo puede llevarse a cabo con un dispositivo de estimulación especialmente adaptado, se puede revertir la denervación. Asimismo, es posible aumentar la masa muscular y mejorar la situación trófica y así disminuir los problemas secundarios.
	<b>Motivo de inclusión</b>	Elabora un protocolo de EE de baja frecuencia para el abordaje de la denervación muscular.
	<b>Nivel de evidencia</b>	1-
	<b>Grado de recomendación</b>	B
<b>12</b>	<b>Nombre del artículo</b>	<i>"Peripheral nerve injury and myelination: Potential therapeutic strategies"</i>
	<b>Autores</b>	Max Modrak
	<b>Base de datos</b>	PubMed
	<b>Año</b>	2019
	<b>Objetivo</b>	Discutir las posibles estrategias terapéuticas en el contexto de la mielinización después de neurotrauma periférico.
	<b>Resultados/conclusión</b>	El fracaso de técnicas microquirúrgicas plantea la cuestión de utilizar enfoques terapéuticos como la EE de baja frecuencia de 20 Hz de 1 hora.
	<b>Motivo de inclusión</b>	Responde sobre si la EE de baja frecuencia tiene influencia en la regeneración nerviosa y axonal.
	<b>Nivel de evidencia</b>	1++
	<b>Grado de recomendación</b>	A
<b>13</b>	<b>Nombre del artículo</b>	<i>"Evidence and Techniques in Rehabilitation Following Nerve Injuries"</i>
	<b>Autores</b>	Christine B. Novak
	<b>Base de datos</b>	Bola de nieve

	<b>Año</b>	2013
	<b>Objetivo</b>	Presentar la evidencia y la literatura relacionada con la rehabilitación después una lesión del nervio periférico.
	<b>Resultados/conclusión</b>	Las estrategias utilizadas en la rehabilitación tras la lesión del nervio periférico y la construcción están respaldadas en estudios científicos básicos y en pequeños estudios clínicos de cohortes.
	<b>Motivo de inclusión</b>	Expone estrategias para el manejo de la rehabilitación de lesiones del nervio periférico.
	<b>Nivel de evidencia</b>	1++
	<b>Grado de recomendación</b>	A
<b>14</b>	<b>Nombre del artículo</b>	<i>"Effects of electrical stimulation and stretching on the adaptation of denervated skeletal muscle – implications for physical therapy"</i>
	<b>Autores</b>	Tania F. Salvini
	<b>Base de datos</b>	PubMed
	<b>Año</b>	2012
	<b>Objetivo</b>	Analizar los efectos de la estimulación eléctrica y el estiramiento en la atrofia muscular y la hipertrofia. También describir los principales efectos y límites de estos recursos en el músculo esquelético, particularmente en el músculo denervado.
	<b>Resultados/conclusión</b>	A pesar del uso del ejercicio de estiramiento y ES en la práctica clínica para minimizar la atrofia del músculo denervado, todavía hay falta de evidencia científica para justificar la eficacia de estos recursos para prevenir la atrofia muscular en el músculo denervado.
	<b>Motivo de inclusión</b>	Investiga los efectos de la EE y como repercute en la atrofia muscular.
	<b>Nivel de evidencia</b>	1-
	<b>Grado de recomendación</b>	B
<b>15</b>	<b>Nombre del artículo</b>	<i>"Advances and Future Applications of Augmented Peripheral Nerve Regeneration"</i>
	<b>Autores</b>	Salazar Jones
	<b>Base de datos</b>	PubMed
	<b>Año</b>	2016

	<b>Objetivo</b>	Discutir la fisiología de la regeneración nerviosa periférica y la variedad de técnicas para mejorar los resultados quirúrgicos.
	<b>Resultados/conclusión</b>	Los cirujanos de nervios periféricos necesitan una técnica que produzca consistentemente resultados favorables para los pacientes con lesiones nerviosas periféricas que abarcan brechas largas.
	<b>Motivo de inclusión</b>	Explica la fisiología en cuanto a la regeneración nerviosa. Y la prevalencia de las lesiones de los nervios periféricos.
	<b>Nivel de evidencia</b>	1-
	<b>Grado de recomendación</b>	B
<b>16</b>	<b>Nombre del artículo</b>	<i>"Peripheral Nerve Regeneration Strategies: Electrically Stimulating Polymer Based Nerve Growth Conduits"</i>
	<b>Autores</b>	Matthew Anderson
	<b>Base de datos</b>	PubMed
	<b>Año</b>	2015
	<b>Objetivo</b>	Destacar la aplicación de polímeros conductores de electricidad para el crecimiento de nervios y formas innovadoras de mejorar su rendimiento en conjunto con EE.
	<b>Resultados/conclusión</b>	Los conductos de crecimiento del nervio son una alternativa prometedora al autoinjerto estándar de oro para la regeneración del nervio periférico. La incorporación de EE es una adición alentadora a la tecnología de NGC (conducto de crecimiento nervioso).
	<b>Motivo de inclusión</b>	Es de gran interés ya incluye datos sobre las lesiones nerviosas (como su prevalencia y en que situaciones se dan), como también su tratamiento con EE.
	<b>Nivel de evidencia</b>	1-
	<b>Grado de recomendación</b>	B
<b>17</b>	<b>Nombre del artículo</b>	<i>"Common peripheral nerve injuries in sport: diagnosis and management"</i>
	<b>Autores</b>	Athena M. Lolis
	<b>Base de datos</b>	PubMed
	<b>Año</b>	2018
	<b>Objetivo</b>	Revisar la neurofisiología de las lesiones nerviosas periféricas, seguido del diagnóstico y

		manejo que afecta a los atletas.
	<b>Resultados/conclusión</b>	El diagnóstico se guía por la localización de la lesión, la evaluación del tejido blando y un análisis de la formación y los factores de riesgo biomecánicos a la lesión por uso excesivo.
	<b>Motivo de inclusión</b>	Estudia las lesiones de los nervios periféricos tanto su diagnóstico como su rehabilitación.
	<b>Nivel de evidencia</b>	1++
	<b>Grado de recomendación</b>	A
<b>18</b>	<b>Nombre del artículo</b>	<i>"Strategies to promote peripheral nerve regeneration: electrical stimulation and/or exercise"</i>
	<b>Autores</b>	Tessa Gordon
	<b>Base de datos</b>	PubMed
	<b>Año</b>	2016
	<b>Objetivo</b>	Revisar la evidencia de la eficacia de la EE, el ejercicio diario y su combinación para promover la regeneración nerviosa.
	<b>Resultados/conclusión</b>	Finalmente, en humanos, el paradigma de 1-h de 20-Hz de EE del nervio medio después de la cirugía de liberación del túnel carpiano aceleró la reinnervación de los músculos de la eminencia.
	<b>Motivo de inclusión</b>	Investiga la efectividad de la EE de baja frecuencia en humanos después de una cirugía.
	<b>Nivel de evidencia</b>	1+
	<b>Grado de recomendación</b>	B
<b>19</b>	<b>Nombre del artículo</b>	<i>"Standing Up with Denervated Muscles in Humans Using Functional Electrical Stimulation"</i>
	<b>Autores</b>	H. Kern
	<b>Base de datos</b>	Bola de nieve
	<b>Año</b>	1999
	<b>Objetivo</b>	Entrenar músculo denervado usando estimulación de larga duración. Y que resultados tienen las corrientes exponenciales sobre la denervación muscular.
	<b>Resultados/conclusión</b>	Las corrientes exponenciales podrían ser una alternativa de tratamiento para lesiones

		temporales, pero definitivamente no son adecuadas para prevenir la atrofia y la degeneración en el músculo denervado.
	<b>Motivo de inclusión</b>	Estudia las corrientes exponenciales en los músculos denervados.
	<b>Nivel de evidencia</b>	3
	<b>Grado de recomendación</b>	D
<b>20</b>	<b>Nombre del artículo</b>	<i>"Denervated Muscles in Humans: Limitations and Problems of Currently Used Functional Electrical Stimulation Training Protocols"</i>
	<b>Autores</b>	H. Kern
	<b>Base de datos</b>	PubMed
	<b>Año</b>	2002
	<b>Objetivo</b>	Demostrar que es posible la estimulación de DDM (músculos degenerados denervados) de alta intensidad. Además de cómo influyen las corrientes exponenciales.
	<b>Resultados/conclusión</b>	Las corrientes exponenciales no son suficientes para la terapia a largo plazo de los músculos degenerados denervados (DDM).
	<b>Motivo de inclusión</b>	Incluye datos sobre las corrientes exponenciales para la denervación muscular.
	<b>Nivel de evidencia</b>	3
	<b>Grado de recomendación</b>	D
<b>21</b>	<b>Nombre del artículo</b>	<i>"Electrical Muscle Stimulation Accelerates Functional Recovery After Nerve Injury"</i>
	<b>Autores</b>	Tengfei Fu
	<b>Base de datos</b>	Scopus
	<b>Año</b>	2019
	<b>Objetivo</b>	Investigar el efecto positivo de la estimulación muscular eléctrica tras la lesión nerviosa y sus mecanismos moleculares de regulación.
	<b>Resultados/conclusión</b>	La regeneración de axón y la recuperación funcional motora fueron mejoradas por la estimulación muscular eléctrica.
	<b>Motivo de inclusión</b>	Útil para la repercusión que tiene la EE de baja frecuencia en las lesiones nerviosas.
	<b>Nivel de evidencia</b>	2-

	<b>Grado de recomendación</b>	C
<b>22</b>	<b>Nombre del artículo</b>	<i>"Electrical Stimulation of Muscle: Electrophysiology and Rehabilitation"</i>
	<b>Autores</b>	Roger M. Enoka
	<b>Base de datos</b>	Scopus
	<b>Año</b>	2019
	<b>Objetivo</b>	Sintetizar los resultados los protocolos de rehabilitación en los que la estimulación eléctrica se aplica percutáneamente sobre el músculo.
	<b>Resultados/conclusión</b>	La estimulación eléctrica puede proporcionar una serie de beneficios terapéuticos, siendo de utilidad como herramienta de rehabilitación. Aunque se han hecho algunos intentos de normalizar los protocolos eficaces, donde quedan muchos detalles por establecer.
	<b>Motivo de inclusión</b>	De gran interés sobre como son los protocolos de la EE y cómo influye en el músculo.
	<b>Nivel de evidencia</b>	1++
	<b>Grado de recomendación</b>	A
<b>23</b>	<b>Nombre del artículo</b>	<i>"Electrical Stimulation and assessment of the induced force in the Denervated Muscle"</i>
	<b>Autores</b>	Sahil Gera
	<b>Base de datos</b>	Scopus
	<b>Año</b>	2019
	<b>Objetivo</b>	Mostrar el beneficio, la seguridad y la EE en tres sujetos con lesiones de LMN.
	<b>Resultados/conclusión</b>	Un mes después del día de reclutamiento, se observaron y registraron las contracciones musculares, utilizando Cmcdaq, estimulando a la misma fuerza de estimulación que la del primer día, a una frecuencia de 1 Hz con tiempo ON de 5 seg y OFF de 4 seg, con un pulso bifásico de 120s.
	<b>Motivo de inclusión</b>	Estudia los diferentes parámetros de la EE y como interviene en la atrofia muscular.
	<b>Nivel de evidencia</b>	2-
	<b>Grado de recomendación</b>	C
<b>24</b>	<b>Nombre del artículo</b>	<i>"Non-surgical therapies for peripheral nerve injury"</i>

	<b>Autores</b>	Pilar Martínez de Albornoz
	<b>Base de datos</b>	PEDro
	<b>Año</b>	2011
	<b>Objetivo</b>	Revisar la bibliografía sobre enfoques experimentales no quirúrgicos para la recuperación de LNP en humanos, animales y estudios in vitro.
	<b>Resultados/conclusión</b>	Sólo se han estudiado modalidades de terapia física en humanos y no se ha demostrado su eficacia.
	<b>Motivo de inclusión</b>	Muy útil para destacar que falta aún evidencia en las corrientes de baja frecuencia para la recuperación de las lesiones nerviosas.
	<b>Nivel de evidencia</b>	1-
	<b>Grado de recomendación</b>	B

Anexo 2. Tabla de nivel de evidencia y grado de recomendación (SIGN)

NIVELES DE EVIDENCIA (SIGN)	
Nivel de evidencia	Tipo de estudio
1++	Meta-análisis de gran calidad, revisiones sistemáticas de ensayos clínico aleatorizados o ensayos aleatorizados con muy bajo riesgo de sesgos.
1+	Meta-análisis bien realizados, revisiones sistemáticas de ensayos clínicos aleatorizados o ensayos clínicos aleatorizados con bajo riesgo de sesgos.
1-	Meta-análisis, revisiones sistemáticas de ensayos clínicos aleatorizados o ensayos clínicos con alto riesgo de sesgos.
2++	Revisiones sistemáticas de alta calidad de estudios de cohortes o de casos y controles, o estudios de cohortes o de casos y controles de alta calidad, con muy bajo riesgo de confusión, sesgos o azar y una alta probabilidad de que la relación sea causal.
2+	Estudios de cohortes o de casos y controles bien realizados, con bajo riesgo de confusión, sesgos o azar y una moderada probabilidad de que la relación sea causal.
2-	Estudios de cohortes o de casos y controles con alto riesgo de confusión, sesgos o azar y una significativa probabilidad de que la relación no sea causal.
3	Estudios no analíticos (observaciones clínicas y serie de casos).
4	Opiniones de expertos.

GRADOS DE RECOMENDACIÓN (SIGN)	
Grado de recomendación	Nivel de evidencia
A	Al menos un meta-análisis, revisión sistemática o ensayo clínico aleatorizado calificado como 1++ y directamente aplicable a la población objeto, o una revisión sistemática de ensayos clínicos aleatorizados o un cuerpo de evidencia consistente principalmente en estudios calificados como 1+ directamente aplicables a la población objeto y que demuestren globalmente consistencia de los resultados.
B	Un cuerpo de evidencia que incluya estudios calificados como 2++ directamente aplicables a la población objeto y que demuestren globalmente consistencia de los resultados, o extrapolación de estudios calificados como 1++ o 1+.
C	Un cuerpo de evidencia que incluya estudios calificados como 2+ directamente aplicables a la población objeto y que demuestren globalmente consistencia de los resultados, o extrapolación de estudios calificados como 2++.
D	Niveles de evidencia 3 o 4, o extrapolación de estudios calificados como 2+.