

Clara Alonso Berná
Judith Clemente Rubiales

**NEUROMODULACIÓN PERCUTÁNEA ECO-GUIADA EN EL ÁMBITO
DE LA FISIOTERAPIA. UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA**

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Dirigido por el Dr. Manel Santafé Martínez

Grado de Fisioterapia



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Reus

2022

AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría transmitir agradecimiento a todos aquellos que nos han ayudado durante esta etapa.

En primer lugar, a nuestro tutor, el Doctor Manel Santafé, por tutorizarnos este Trabajo de Fin de Grado y ayudarnos con la planificación y organización del mismo.

En segundo lugar, a nuestros familiares y amigos por apoyarnos y animarnos en todo momento.

También agradecer a la Universidad Rovira i Virgili por ofrecernos los medios necesarios para la realización de este trabajo.

Para nosotras realizar este trabajo significa el cierre de una bonita etapa y es por eso que nos gustaría agradecer a todos el habernos dejado compartir con vosotros este proceso.

¡Gracias!

ÍNDICE

LISTADO DE ABREVIATURAS	1
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
1. INTRODUCCIÓN	5
2. OBJETIVOS	6
3. MATERIAL Y MÉTODOS	7
3.1. Criterios de elegibilidad	7
3.2. Estrategia de búsqueda	8
3.3. Proceso de selección de los estudios	8
3.4. Análisis de datos	9
4. RESULTADOS	9
4.1. Resultados de búsqueda	9
4.2. Características de los estudios	10
4.3. Análisis del riesgo de sesgo	16
4.4. Análisis de la calidad metodológica de los estudios	18
4.5. Análisis de los resultados de cada estudio	18
5. DISCUSIÓN	22
5.1. Neuromodulación percutánea para la disminución del dolor	23
5.2. Neuromodulación percutánea para la mejora de la funcionalidad	23
5.3. Neuromodulación percutánea vs. otros tratamientos	23
5.4. Patologías más sensibles a la aplicación de neuromodulación percutánea	24
5.5. Limitaciones	24
5.6. Líneas futuras	25
6. CONCLUSIONES	25
7. BIBLIOGRAFÍA	26

LISTADO DE ABREVIATURAS

6MWT: Prueba de caminata de 6 minutos

ATR: Artroplastia total de rodilla

AVD: Actividades de la vida diaria

AKP: Dolor anterior de rodilla

BPI: Brief Pain Inventory

BPI-SF: Brief Pain Inventory – Short form

EEII: Extremidades Inferiores

EL: Epicondalgia lateral

EVA: Escala Visual Analógica

FHL: Flexor hallucis longus

FIM: Escala de independencia funcional

GC: Grupo control

GP: Grupo programa

Hz: Hercio

HIT: Headache Impact Test

h: Horas

µs: Microsegundos

mA: Miliamperio

min: Minutos

NMP: Neuromodulación percutánea

NRS: Escala numérica del dolor

PCS: Escala de catastrofización del dolor

PDI: Índice de discapacidad del dolor

PGIC: Escala de Impresión Global del Cambio del Paciente

PICOS: Pacientes, Intervención, Comparación, Resultados y Estudio

PLP: Dolor del miembro fantasma

PNM: Percutaneous Neuromodulation

PRISMA: Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

PROSPERO: International Prospective register of systematic reviews

PRTEE: Evaluación del codo de tenista calificada por el paciente

RLP: Dolor crónico del miembro residual

ROM: Rango de movimiento

SMT: Terapia médica estándar

STS: Estimulación transcutánea supraorbitaria

IU: Incontinencia de urgencia

US: Ultrasonido

TENS: Transcutaneous Electrical Nerve Simulation

VISA-P: Victorian Institute of Sport Assessment-Patella

WOMAC: Índice de osteoartritis de las universidades de Western Ontario y McMaster

\bar{X} : Media

+: Alto riesgo de sesgo

-: Bajo riesgo de sesgo

RESUMEN

Introducción. La Neuromodulación Percutánea (NMP) es una técnica relativamente nueva que consiste en la introducción de una aguja de punción seca que actúa como electrodo muy cerca del nervio o punto motor del músculo diana mediante ecografía y se aplica una corriente galvánica. Con esto se pretende estimular los nervios periféricos hasta lograr una respuesta sensorial y/o motora. Esta técnica pretende revertir los procesos de “sensibilización central”.

Objetivo. Analizar la eficacia de la NMP respecto al dolor y la funcionalidad según patologías comparado con otras técnicas fisioterápicas.

Material y métodos. Se han seguido las recomendaciones PRISMA empleando ensayos clínicos extraídos de: Pubmed (Medline), Cochrane Library, PEDro y EBSCO.

Resultados. Después de aplicar los criterios de elegibilidad, se han seleccionado 17 artículos. De los estudios incluidos en esta revisión, 12 de 17 analizaron la mejora del dolor tras la aplicación de la NMP y 15 de 17 la mejora de la funcionalidad. En total 14 ensayos de los 17 artículos analizados observaron una mejora tanto del dolor como de la funcionalidad tras aplicar la NMP. Los mejores resultados en ambos aspectos se obtuvieron en el tratamiento del dolor crónico y postoperatorio. Además, 5 de 17 artículos estudiaron la superioridad de esta técnica sobre otras terapias y 2 de ellos obtuvieron resultados significativos.

Conclusión. La NMP se considera una técnica eficaz para la mejora del dolor y de la funcionalidad y, como consecuencia, de la calidad de vida de los pacientes. En concreto, se han observado beneficios más significativos en el tratamiento del dolor crónico y postoperatorio. Además, se confirma la superioridad de la NMP sobre otras técnicas de tratamiento.

Palabras clave: Enfermedades Neuromusculares; Fisioterapia; Neuromodulación Eléctrica Percutánea; Nervios Periféricos.

ABSTRACT

Introduction. Percutaneous Neuromodulation (PNM) is a relatively new technique that involves the introduction of a dry needle acting as an electrode very close to the nerve or motor point of the target muscle by means of ultrasound and a galvanic current is applied. This is intended to stimulate the peripheral nerves until a sensory and/or motor response is achieved. The aim of this technique is to reverse the processes of "central sensitization".

Objective. To analyze the effectiveness of the PNM with respect to pain and functionality according to pathologies compared to other physiotherapeutic techniques.

Material and methods. PRISMA recommendations were followed using clinical trials extracted from: Pubmed (Medline), Cochrane Library, PEDro and EBSCO.

Results. After applying the eligibility criteria, 17 articles were selected. From the included studies in this review, 12 out of 17 study improvement in pain after the application of PNM and 15 out of 17 study improvement in functionality. A total of 14 trials out of the 17 articles analyzed showed an improvement in both pain and functionality after PNM application. The best results in both aspects were obtained in the treatment of chronic and postoperative pain. In addition, 5 out of 17 articles studied the advantages of this technique over other therapies and 2 of them obtained significant results.

Conclusions. PNM is considered an effective technique for improvement pain and functionality and, as a direct consequence, the quality of life of patients. Specifically, most significant benefits have been observed in the treatment of chronic and postoperative pain. In addition, the superiority of PNM over other treatment techniques is confirmed.

Key words: Neuromuscular Diseases; Percutaneous Neuromodulation Therapy; Peripheral Nerves; Physical Therapy.

1. INTRODUCCIÓN

La neuromodulación es el cambio de la actividad de ciertos circuitos neuronales, sin dañar el tejido nervioso. Se basa en la activación o desactivación de una red neuronal mediante la estimulación eléctrica controlada en términos de frecuencia, amplitud y ancho de pulso¹.

La idea de la neuromodulación se fundamenta en la evidencia que expone que: 1) el sistema neural puede padecer cambios neuroplásticos asociados a alteraciones funcionales y/o sintomáticas y condiciones patológicas; 2) puede inducir la neuroplasticidad para aguantar alteraciones de la actividad neuronal y la conectividad, lo que permite que pueda utilizarse para revertir o prevenir las variaciones neuroplásticas inadaptadas que suceden en el cerebro o para facilitar la neuroplasticidad adaptativa; 3) se asocian a una mejora funcional la facilitación de los cambios adaptativos y la reversión de los maladaptativos².

En particular, la neuromodulación percutánea (NMP), es una técnica novedosa que utiliza una aguja de punción seca como electrodo. Ésta se introduce muy cerca del nervio o punto motor del músculo diana según la patología a tratar mediante el uso de la ecografía normalmente, la cual permite una mayor precisión de inserción. Una vez colocada la aguja, se aplica mediante ella una corriente eléctrica de baja o media frecuencia producida por un generador de pulsos o estimulador. Con esto se pretende estimular los nervios periféricos hasta lograr una respuesta sensorial y/o motora^{3,4}.

Valera *et al.*, (2014) menciona que para realizar esta técnica correctamente es necesario aplicar la corriente mediante un circuito cerrado, ya sea colocando dos agujas en el recorrido del nervio sobre el que se desea trabajar, o bien colocando una sola aguja que actúe como cátodo y que el paciente sostenga el ánodo con su mano⁵.

Los objetivos principales de la NMP son la disminución del dolor y una mejora de la funcionalidad. La disminución del dolor se consigue través de la activación de las vías de analgesia endógenas y endorfinicas. La recuperación de funcionalidad se consigue a través del restablecimiento de la función nerviosa, de la conducción del impulso nervioso¹ y de la mejora de los patrones de reclutamiento muscular y control motor^{6,7}. En este sentido, recientemente, Plaza *et al.*, (2020) realizaron una revisión sistemática y metaanálisis concluyendo que la NMP tiene un gran efecto en el dolor y pequeño en la discapacidad comparado con el placebo. A parte, indican que cuando se realiza como tratamiento NMP junto a otras intervenciones el efecto ante el dolor es moderado a corto y medio plazo, pero respecto a la discapacidad es únicamente a corto plazo⁸.

Las técnicas de NMP interfieren en los procesos de sensibilización central. Los estímulos nociceptivos no siempre van acompañados de daño dado que se pueden dar situaciones en

que haya una lesión estructural de forma asintomática o, por el contrario, puede aparecer sintomatología en zonas en las que no exista lesión. Este último caso es lo que se conoce como “sensibilización periférica”, producida por una respuesta aumentada al estímulo nóxico. Si esta situación permanece durante más de 3 meses, pasa a conocerse como “sensibilización central”^{6,9} y da lugar a dolor espontáneo o persistente, aumento de los campos receptivos de las neuronas nociceptivas medulares, hiperalgesia o alodinia. Esto ocurre en un 5-15% de la población general^{9,10}. Estos síntomas aparecen por la hiperexcitabilidad de las neuronas de segundo orden, ya que se activan más fácilmente ante señales nociceptivas periféricas, lo que las hace más propensas a amplificar la transmisión a centros superiores contribuyendo al desarrollo de estados clínicos de dolor patológico¹⁰.

Ante esta cronificación de la sintomatología y a los trastornos depresivos o de ansiedad que suele ocasionar, surge la necesidad de nuevas terapias de tratamiento. La neuromodulación se aplica con la finalidad de revertir esta sensibilización del sistema nervioso^{6,9,11}.

La neuromodulación percutánea está indicada en diversas patologías del sistema neuromusculoesquelético como las roturas musculares, tendinopatías, dolor postquirúrgico, atrapamientos nerviosos, etc.⁹ La presente revisión se realiza por la necesidad de analizar los efectos de la NMP en este tipo de afecciones.

2. OBJETIVOS

El objetivo general de esta revisión sistemática es analizar la eficacia de la técnica de neuromodulación percutánea para el tratamiento de diversas patologías en el ámbito de la fisioterapia, a través de la lectura y análisis de los estudios publicados en los últimos cinco años.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Determinar en qué patologías se han obtenido los mejores resultados.
- Determinar si se consigue una mejora tanto del dolor como de la funcionalidad.
- Comparar el grado de eficacia de la neuromodulación percutánea respecto a otros tratamientos.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Para realizar la presente revisión con unos criterios de calidad aceptables, se han seguido las indicaciones de la guía PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses)¹². Por otro lado, para establecer los criterios de elegibilidad y/o centrar los objetivos de dicha revisión se ha utilizado la estrategia PICOS (Pacientes, Intervención, Comparación, Resultados y Estudio) (Tabla 1). También se ha empleado el Manual de Cochrane para el análisis del sesgo de los estudios¹³.

Este trabajo no se encuentra registrado ya que forma parte del trabajo de final de grado de Fisioterapia de la Universidad Rovira i Virgili dentro del curso académico 2021-22. Se ha comprobado que no exista otra revisión igual a la que se quiere desarrollar en este trabajo en la base de datos PROSPERO (International prospective register of systematic reviews) con la búsqueda “percutaneous neuromodulation” y “percutaneous electrical stimulation therapy”.

3.1 Criterios de elegibilidad

Los estudios utilizados para realizar esta revisión han sido escogidos estableciendo los criterios de inclusión y exclusión según el acrónimo PICOS:

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión según el acrónimo PICOS.

PICOS	CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
P: Problema o paciente	Pacientes adultos humanos mayores de 18 años. Grupo de pacientes.	Pacientes menores de 18 años. Un único paciente. Ensayos realizados con animales.
I: Intervenciones	Intervenciones donde se aplique la PNM eco-guiada.	Intervenciones donde no se aplique la PNM eco-guiada.
C: Comparación	Ausencia de grupo control. Grupo al que se le aplique otro tratamiento para la patología deseada o PNM simulada.	Comparación con una técnica que requiere intervención quirúrgica.
O: Resultados	Parámetros cuantitativos o cualitativos que comparen la efectividad de los tratamientos aplicados y valoren al menos una de las siguientes variables: dolor y funcionalidad.	Parámetros que no comparen la efectividad de los tratamientos aplicados y/o no valoren ninguna de las siguientes variables: dolor y funcionalidad.
S: Tipo de estudio	Ensayos clínicos o ensayos controlados aleatorizados, antigüedad de los estudios no superior a 5 años (2017-2022), estudios indexados.	Estudios que no sean ensayos clínicos o ensayos controlados aleatorizados, antigüedad de los estudios superior a 5 años, estudios no indexados con falta de rigor científico.

Se han excluido también los ensayos publicados en idiomas que no fuesen inglés o castellano.

3.2 Estrategia de búsqueda

La búsqueda bibliográfica para la elaboración de esta revisión se realizó en diversas bases de datos: Pubmed (Medline), Cochrane Library, PEDro y EBSCO, en el periodo entre el 18 de abril del 2022 y el 14 de mayo del 2022.

Las palabras clave que se han utilizado en cada buscador son las siguientes:

- PubMed: ((neuromodulation) AND (physiotherapy)) OR ((percutaneous neuromodulation) AND (peripheral nerves)) OR ((percutaneous neuromodulation) AND (stimulating peripheral nerves)) OR (ultrasound-guided percutaneous neuromodulation).
- PEDro: percutaneous neuromodulation therapy.
- Cochrane Library: percutaneous neuromodulation therapy AND physiotherapy.
- EBSCO: percutaneous neuromodulations therapy AND physiotherapy.

La evaluación de la elegibilidad de los estudios y la extracción de datos ha sido realizada por dos personas de manera independiente, tal como se aconseja en el Manual Cochrane de Revisiones Sistemáticas de Intervenciones¹³. Los desacuerdos que han surgido durante el proceso se han resuelto mediante la discusión entre ambas integrantes del grupo.

3.3 Proceso de selección de los estudios

La selección de los estudios empleados en la revisión se ha realizado siguiendo las fases de la Guía PRISMA: identificación, cribaje, elegibilidad e inclusión de los estudios en la revisión sistemática¹².

En primer lugar, se realizó la búsqueda en las bases de datos Pubmed (Medline), Cochrane Library, PEDro y EBSCO añadiendo los filtros “Clinical Trials”, “Randomized Controlled Trial”, “humans” y “5 years”. A continuación, se procedió a: 1) una primera selección/eliminación en función del título; 2) si el título estaba relacionado con el tema de interés, se procedía a la lectura del resumen; 3) de los escogidos tras la lectura del resumen se seleccionaban los que, en principio, cumplían los criterios de inclusión; 4) después se identificaron los artículos

duplicados; 5) se realizó la lectura completa de los estudios para comprobar el cumplimiento de todos los criterios de inclusión y, finalmente, 6) se incluían en la revisión y se procedía a la extracción de datos.

De esta forma, se eliminaron aquellos estudios que no cumplían los criterios deseados, mencionados anteriormente, y se consiguieron un total de 17 ensayos para la realización de la presente revisión.

3.4 Análisis de datos

Una vez seleccionados los ensayos, las investigadoras de este trabajo procedieron a la realización de dos análisis: sobre la calidad metodológica de los estudios mediante la normativa del Manual Cochrane¹³ y sobre los datos de los estudios, siguiendo los parámetros PICOS. La información que se analiza de cada artículo es: características del tipo de paciente, supervisor/es del programa, duración del programa, frecuencia de las sesiones de tratamiento, duración de las sesiones, intervención del grupo control en caso de haberlo, resultados y conclusiones del estudio.

4. RESULTADOS

4.1 Resultados de búsqueda

La búsqueda se realizó en las bases de datos Pubmed (Medline), Cochrane Library, PEDro y EBSCO. En total se obtuvieron 9.554 artículos, que pasaron a ser 486 tras poner los filtros mencionados anteriormente. Después, se descartaron 399 ensayos por la lectura del título y resumen y 33 por ser duplicados. Por tanto, se procedió a la lectura completa de 54 artículos, de los cuales únicamente 17 cumplían los criterios de inclusión (Figura1).

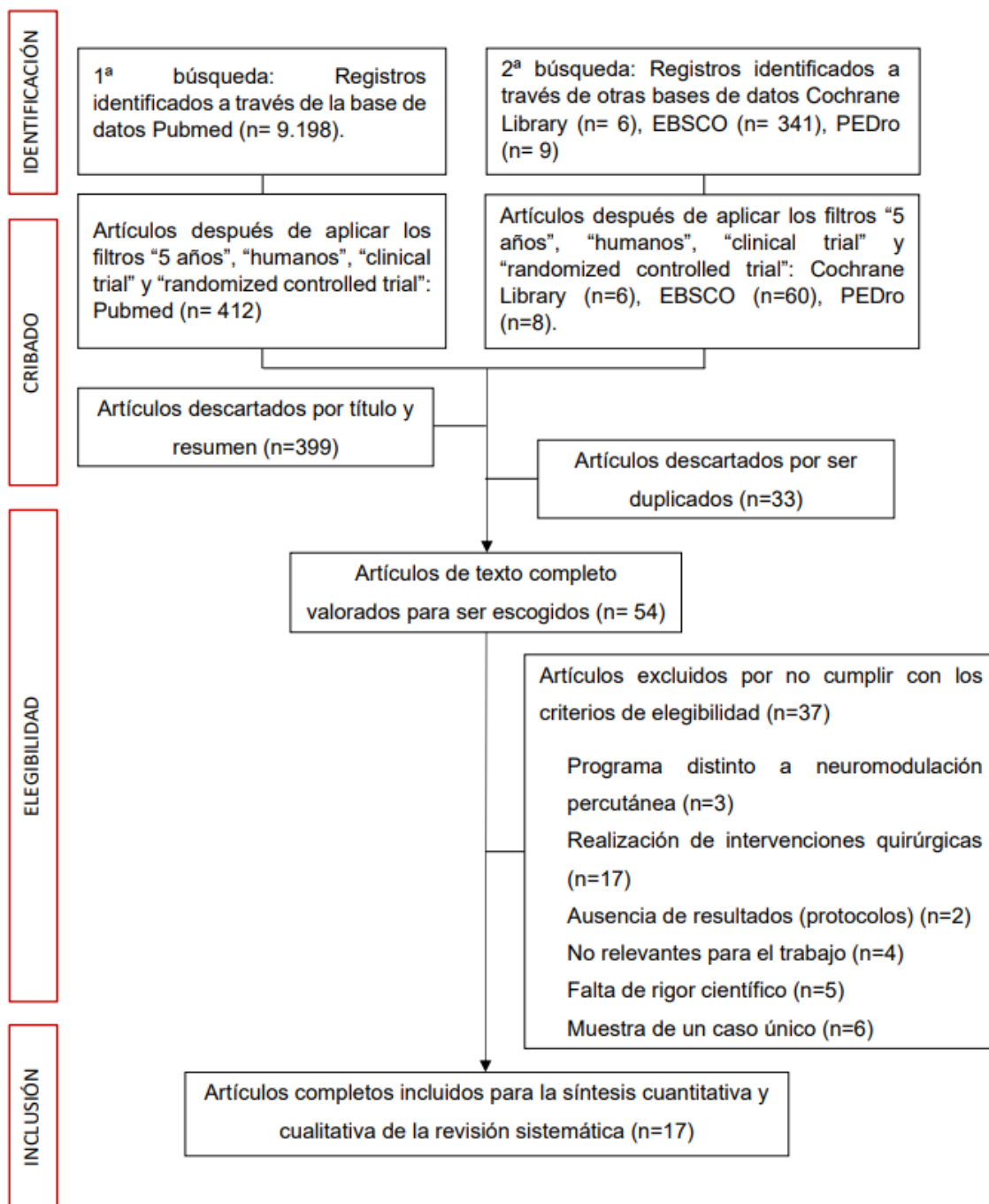


Figura 1. Diagrama de flujo.

4.2 Características de los estudios

Para la realización de esta revisión se analizaron 17 ensayos con un total de 474 participantes, todos ellos mayores de 18 años. A continuación, se muestra de forma detallada y de manera específica las características de cada estudio: los participantes, las intervenciones que se aplicaron, las medidas que se realizaron y las conclusiones que se extrajeron (Tabla 2).

Tabla 2. Características de los estudios.

Autor, año	Participantes	Intervenciones	Medidas	Conclusiones
Ilfield <i>et al.</i> , 2019a ¹⁴	ATR unilateral primaria (n=7). Edad (\bar{X} =67,7). Mujeres (n=4). Hombres (n=3).	NMP de los nervios ciático y femoral. Estimulación continua (24h/día, excepto cuando se duchan y cambian la batería del generador) a 100Hz con una amplitud de hasta 20mA y una duración de pulso de hasta 200 min, durante 32-42 días.	Dolor: escala EVA y nivel de demanda de opioides. Funcionalidad: WOMAC. Otros: 6MWT.	La NMP eco-guiada es factible para la ATR en el periodo perioperatorio inmediato y una buena forma de proporcionar analgesia.
Ilfield <i>et al.</i> , 2019b ¹⁵	Reconstrucción del ligamento cruzado anterior con autoinjerto rotuliano de forma ambulatoria (n=10). Edad (\bar{X} =25). Mujeres (n=5). Hombres (n=5). GP: (n=5) GC: (n=5) No se especifica el número de mujeres y hombres por grupo.	GP: NMP del nervio femoral a 100Hz, con una amplitud de entre 0'2-10mA y un ancho de pulso de 15-200µs, durante 5 min, seguido de un periodo cruzado de 5 min y luego estimulación activa continua hasta el día 14-28 del postoperatorio. GC: estimulación simulada excepto los 5 min de estimulación cruzada simulando el GP.	Dolor: escala EVA y nivel de demanda de opiáceos.	La NMP es una opción efectiva para la cirugía de rodilla ambulatoria que comienza en la sala de recuperación, ya que proporciona analgesia y reduce la demanda de opiáceos tras la operación.
Ilfield <i>et al.</i> , 2018 ¹⁶	Osteotomía unilateral primaria ambulatoria del hallux valgus (n=7). Edad (\bar{X} =55). Mujeres (n=6). Hombres (n=1). GP: (n=4). GC: (n=3). No se especifica el número de mujeres y hombres por grupo.	GP: NMP del nervio ciático a 100Hz, con una amplitud de entre 0'2-20mA y un ancho de pulso de 15-200µs, durante 5 min, seguido de un periodo cruzado de 5 min y luego estimulación activa continua hasta el día 14-28 del postoperatorio. GC: estimulación simulada	Dolor: escala EVA y nivel de demanda de opiáceos.	La NMP es una opción efectiva para la cirugía de pie ambulatoria, ya que proporciona analgesia y reduce la demanda de opiáceos en el periodo perioperatorio.
De la Cruz <i>et al.</i> , 2021 ¹⁷	Dolor de codo unilateral crónico (n=24). Edad (\bar{X} =49,4). Mujeres (n=12). Hombres (n=12).	GP: NMP en el nervio radial de baja frecuencia (10Hz), con un ancho de pulso de 250µs y una intensidad suficiente para provocar una contracción muscular visible durante	Dolor: escala NRS. Funcionalidad: PRTEE. Otros: US para el área transversal del nervio radial y la curva de	La técnica de NMP puede ser una herramienta terapéutica interesante para el tratamiento de la EL crónica por la mejora en el nivel de dolor, funcionalidad y morfología y

	GP: (n=12). Mujeres (n=6). Hombres (n=6). GC: (n=12). Mujeres (n=6). Hombres (n=6).	1,5 min. Esto se realizó una vez a la semana durante tres semanas. GC: no recibieron ninguna intervención en el momento del estudio.	fuerza-duración para la cronaxia y el índice de acomodación.	excitabilidad nerviosa en esta población.
Albright <i>et al.</i> , 2021 ¹⁸	Amputación de las extremidades inferiores (n=16). Edad (\bar{X} =72). Mujeres (n=1). Hombres (n=15). GP: (n=8). Mujeres (n=1) Hombres (n=7). GC: (n=8). Mujeres (n=0). Hombres (n=8).	GP: SMT + NMP de los nervios femoral y ciático a una frecuencia fija de 100Hz y con un ajuste individualizado de la amplitud (0-30mA) y ancho de pulso (10-200µs) durante 60 días. GC: SMT.	Dolor: RLP y PLP promedio, demanda de opioides, BPI-SF, PCS, PDI. Funcionalidad: escala FIM, PDI. Otros: escala PGIC.	El tratamiento con NMP resulta un tratamiento efectivo para el dolor postquirúrgico agudo o subagudo ya que en este ensayo se demuestra un mejor alivio del dolor y un menor consumo de opioides durante los 3 meses posteriores a la operación respecto al SMT.
De la Cruz <i>et al.</i> , 2019a ¹⁹	Bailarinas profesionales de balé sanas (n=45). Edad (\bar{X} =20). Mujeres (n=45). Hombres (n=0). GP: (n=15). Mujeres (n=15). Hombres (n=0). GC1: (n=15). Mujeres (n=15). Hombres (n=0). GC2: (n=15). Mujeres (n=15). Hombres (n=0).	GP: Una intervención aislada de NMP en el vientre muscular del FHL con una frecuencia de 10Hz, un ancho de pulso de 250µs y la intensidad máxima tolerable, provocando una contracción muscular visible durante 1,5 min. GC1: estiramiento. GC2: ejercicio excéntrico.	Funcionalidad: ROM de la primera articulación metatarsal. Otros: pruebas de equilibrio y prueba de fatiga de elevación unilateral del talón.	Con una intervención aislada de NMP se obtiene un mayor aumento inmediato en equilibrio y fuerza muscular respecto al estiramiento activa y el ejercicio excéntrico del músculo FHL en jóvenes bailarines de balé.
García <i>et al.</i> , 2020a ²⁰	AKP unilateral (n=8). Edad (\bar{X} =36). Mujeres (n=2). Hombres (n=6).	Una sola intervención de NMP en el nervio femoral de la rodilla sintomática con una frecuencia de 10Hz, un ancho de pulso de 250µs y la intensidad máxima tolerable,	Dolor: escala EVA Funcionalidad: ROM de flexión activa de rodilla mediante goniómetro.	Una única intervención de NMP sobre el nervio femoral en pacientes con AKP da lugar a una reducción del dolor y a un aumento de la amplitud de movimiento, que

		provocando una contracción muscular visible durante 1,5 min.		es mayor a las 24h de la estimulación.
García <i>et al.</i> , 2020b ²¹	AKP unilateral (n=30). Edad (\bar{X} =38,1). Mujeres (n=16). Hombres (n=14). GP: (n=15). Mujeres (n=11). Hombres (n=4). GC: (n=15). Mujeres (n=10). Hombres (n=5).	GP: los pacientes recibieron la estimulación de un solo disparo (NMP) en el nervio femoral correspondiente a la rodilla asintomática con una frecuencia de 10Hz, un ancho de pulso de 250µs y la intensidad máxima tolerable, provocando una contracción muscular visible durante 1,5 min. GC: los pacientes recibieron la misma estimulación que el GP, pero en la rodilla sintomática.	Dolor: escala NRS. Funcionalidad: ROM de flexión de rodilla y VISA-P. Calidad de vida: Kujala.	Una intervención de NMP de un solo disparo en el nervio femoral se considera un tratamiento efectivo para la disminución del dolor, el aumento del ROM de flexión de rodilla y la funcionalidad de la articulación en pacientes con AKP, produciendo además beneficios cruzados en la extremidad no tratada.
San Emeterio <i>et al.</i> , 2021 ²²	Dolor lumbar crónico (n=30). Edad (\bar{X} =40,5). Mujeres (n=16). Hombres (n=14). GP1: (n=10). Mujeres (n=7). Hombres (n=3). GP2: (n=10). Mujeres (n=3). Hombres (n=7). GP3: (n=10). Mujeres (n=4). Hombres (n=6).	GP1: una única intervención de NMP en nervio ciático a nivel proximal con una frecuencia de 3Hz, un ancho de pulso de 250µs y una intensidad máxima tolerable para causar contracción muscular visible. Se aplicaron 10 estimulaciones de 10 segundos cada una, con 10 segundos de descanso entre ellas. GP2: la misma intervención que el GP1, pero en el nervio ciático a nivel medio. GP3: la misma intervención que el GP1, pero en el nervio ciático a nivel distal.	Dolor: escala NRS y cuestionario específico del dolor lumbar. Funcionalidad: ROM pasivo de cadera e índice de discapacidad de Oswestry. Otros: equilibrio dinámico.	El nivel anatómico de aplicación de la NMP sobre el nervio ciático no influye en la mejora del dolor, ROM, equilibrio y función en este tipo de pacientes, pero que, independientemente de esto, es una opción eficaz de tratamiento para este tipo de pacientes.
De la Cruz <i>et al.</i> , 2019b ²³	Bailarinas profesionales de balé sanas (n=32). Edad (\bar{X} =20). Mujeres (n=32). Hombres (n=0). GP: (n=16). Mujeres (n=16). Hombres (n=0). GC: (n=16).	GP: NMP de un solo disparo en el vientre del músculo FHL con una frecuencia de 10Hz, un ancho de pulso de 250µs y la máxima intensidad tolerable para causar una contracción muscular visible durante 1,5min.	Funcionalidad: ROM de la primera articulación metatarsofalángica. Otros: prueba de equilibrio y prueba de fatiga de elevación del talón unilateral.	La aplicación de NMP de un solo disparo proporcionó una mejora inmediata mayor del rendimiento del músculo FHL respecto al TENS.

	Mujeres (n=16). Hombres (n=0).	GC: TENS de un solo disparo en el vientre del músculo FHL con las mismas características que el GP.		
Ilfield <i>et al.</i> , 2017 ²⁴	ATR unilateral primaria con dolor de rodilla relacionado con la cirugía no controlado (n=5). Edad (\bar{X} =53). Mujeres (n=3). Hombres (n=2).	GP: NMP del nervio femoral y/o ciático con una frecuencia de 100Hz, un ancho de pulso de 15-200 μ s y una intensidad de 0,2-20mA durante 24h.	Dolor: escala EVA. Funcionalidad: ROM de la flexión activa de la rodilla.	La NMP se considera una alternativa eficaz para el tratamiento del dolor postquirúrgico, ya que se ha visto que aporta mejoras analgésicas y funcionales.
De la Cruz <i>et al.</i> , 2020 ²⁵	Flexibilidad bilateral reducida de los isquiotibiales asintomática (n=80). Edad (\bar{X} =22,6). Mujeres (n=40). Hombres (n=40). GP: (n=20). Mujeres (n=10). Hombres (n=10). GC1: (n=20). Mujeres (n=10). Hombres (n=10). GC2: (n=20). Mujeres (n=10). Hombres (n=10). GC3: (n=20). Mujeres (n=10). Hombres (n=10).	GP: NMP del nervio ciático con una frecuencia de 10Hz, un ancho de pulso de 250 μ s y la intensidad máxima tolerable para provocar una contracción muscular visible durante un total de 1,5 min. GC1: estiramientos pasivos de los isquiotibiales durante 1,5 min. GC2: controles deslizantes neurodinámicos ciáticos durante 1,5 min. GC3: estimulación mecánica del nervio ciático con una aguja durante 1,5min.	Funcionalidad: ROM de la cadera (prueba de elevación de pierna recta). Otros: tensiomiografía.	En este ensayo se observa que con solo 1,5 min de NMP se obtienen resultados beneficiosos en la prueba de elevación de la pierna recta fueron beneficiosos.
Álvarez <i>et al.</i> , 2019 ²⁶	Patología unilateral de rodilla previa y en etapa de recuperación de la fuerza del cuádriceps (n=13). Edad (\bar{X} =39,9). Mujeres (n=2). Hombres (n=11).	NMP sobre el nervio femoral con una frecuencia de 10Hz, un ancho de pulso de 240 μ s y la máxima intensidad tolerable. Se aplican 10 estímulos con una duración de 10 segundos, con un periodo de descanso de 10 segundos entre estímulo.	Funcionalidad: medición isométrica mediante el sistema de dinamometría KINEO.	Este ensayo afirma que la NMP se considera una técnica de tratamiento eficaz para recuperar la fuerza del cuádriceps en músculos inhibidos.

Gilmore <i>et al.</i> , 2019 ²⁷	Amputación de EEII con dolor posterior (n=26). Edad (\bar{X} =46,5). Mujeres (n=6). Hombres (n=20). GP: (n=12). Mujeres (n=2). Hombres (n=10). GC: (n=14). Mujeres (n=4). Hombres (n=10).	GP: NMP real sobre el nervio femoral o ciático partiendo de una frecuencia de 100Hz y se fue ajustando la intensidad mediante cambios en la amplitud (1-30mA) y/o el ancho de pulso (10-200 μ s). El tratamiento duró 8 semanas. GC: NMP simulada sobre los mismos nervios durante 4 semanas. Las últimas 4 semanas recibieron NMP real.	Dolor: RLP y PLP promedio y demanda de opioides. Funcionalidad: preguntas sobre la interferencia del dolor en las AVD. Otros: escala PGIC.	Con la NMP se consigue una mejora del dolor duradera clínicamente significativa y una disminución de la discapacidad en pacientes con dolor postamputación neuropático crónico.
Gilmore <i>et al.</i> , 2018 ²⁸	Dolor lumbar crónico (n=9). Edad (\bar{X} =53,3). Mujeres (n=8). Hombres (n=1).	NMP dirigiendo los electrodos a la rama medial de la rama dorsal en la zona del dolor lumbar y aplicando una estimulación con una frecuencia de 12Hz, una amplitud de 5-20mA y un ancho de pulso de 15-200 μ s, seis horas por día durante 30 días.	Dolor: demanda de medicamentos analgésicos y cuestionario BPI. Funcionalidad: índice de discapacidad de Oswestry. Otros: y escala PGIC.	La NMP es una técnica de tratamiento útil para este tipo de pacientes por la disminución del dolor y la mejora en la calidad de vida que consigue.
Deng <i>et al.</i> , 2020 ²⁹	Dos ataques de migraña por mes mínimo(n=90). Edad (\bar{X} =32,5). Mujeres (n=76). Hombres (n=14). GP: (n=45). Mujeres (n=39). Hombres (n=6). GC (n=45). Mujeres (n=37). Hombres (n=8).	GP: NMP mastoidea con una frecuencia de 1,8kHz, un ancho de pulso de 90 μ s y una amplitud máxima de 10mA. Se aplicaba 45 minutos diarios durante 3 meses. GC: STS con una frecuencia de 60Hz, un ancho de pulso de 250 μ s y una amplitud máxima de 16mA. Se aplicaba 20 minutos diarios durante 3 meses.	Dolor: HIT-6. Funcionalidad: días mensuales de migraña e impacto del dolor (HIT-6). Otros: tasa de respuesta del 50%.	En este estudio se muestra una comparación de la NMP y la STS en términos de seguridad y eficacia para la prevención de la migraña, pero pueden tener diferentes mecanismos de acción. Queda por determinar cuál es una mejor técnica de tratamiento junto a la intensidad y duración de ambas intervenciones, ya que no se observó una diferencia significativa en los datos evaluados.
El Tair <i>et al.</i> , 2022 ³⁰	Síntomas de micción irritativa (n=40). Edad (\bar{X} =25,9). Mujeres (n=33). Hombres (n=7). GP: (n=20). Mujeres (n=17). Hombres (n=3).	GP: NMP del nervio tibial posterior con una frecuencia de 50Hz, un ancho de pulso de 200 μ s y un ancho de pulso de 0-9mA. La amplitud fue aumentando lentamente de 0 hasta que el dedo gordo del pie comenzase a flexionarse o el resto de los dedos del pie se abriesen en abanico.	Funcionalidad: informes subjetivos de pacientes (urgencia de micción, frecuencia de micción, nicturia, IU, sensación de IU y capacidad vesical).	Con el grupo de NMP se observó un cambio muy significativo en la frecuencia a lo largo del curso del tratamiento, además de efectos beneficiosos en los otros aspectos estudiados. Este es el motivo por el que la estimulación del nervio tibial posterior es una opción efectiva y

	GC: (n=20). Mujeres (n=16). Hombres (n=4).	GC: NMP simulada del nervio tibial posterior.		mínimamente invasiva para el tratamiento de pacientes con vejiga hiperactiva.
--	--	---	--	---

Abreviaturas. 6MWT: prueba de caminata de 6 minutos, ATR: artroplastia total de rodilla, AVD: actividades de la vida diaria, AKP: dolor anterior de rodilla, BPI: Brief Pain Inventory, BPI-SF: Brief Pain Inventory - Short Form, EEI: extremidades inferiores, EL: epicondalgia lateral, EVA: escala visual analógica, FHL: flexor hallucis longus, FIM: escala de independencia funcional, GC: grupo control, GP: grupo programa, Hz: hercio, HIT: Headache Impact Test, h: horas, μ s: microsegundo, mA: miliamperio, min: minutos, NMP: neuromodulación percutánea, NRS: escala numérica del dolor, PCS: escala de catastrofización del dolor, PDI: índice de discapacidad del dolor, PGIC: escala de Impresión Global del Cambio del Paciente, PLP: dolor del miembro fantasma, PRTEE: evaluación del codo de tenista calificada por el paciente, RLP: dolor crónico del miembro residual, ROM: rango de movimiento, SMT: terapia médica estándar, STS: estimulación transcutánea supraorbitaria, IU: incontinencia de urgencia. US: ultrasonido, TENS: Transcutaneous Electrical Nerve Simulation, VISA-P: Victorian Institute of Sport Assessment-Patella, WOMAC: índice de osteoartritis de las universidades de Western Ontario y McMaster, \bar{X} : media.

4.3 Análisis del riesgo de sesgo

Se ha analizado el riesgo de sesgo de los 17 artículos seleccionados para realizar la presente revisión siguiendo la Normativa del Manual de Cochrane¹³ (Tabla 3) valorando tanto el sesgo de selección, que incluye la aleatorización y la ocultación de asignación; el sesgo de realización, donde entran el cegamiento de participantes e investigadores; el sesgo de detección, que contiene el cegamiento de los evaluadores; el sesgo de deserción, donde se incluyen los datos de resultado incompletos y, finalmente, el sesgo de descripción selectiva de los resultados.

Tabla 3. Análisis del riesgo de sesgo de cada estudio.

	Aleatorización	Ocultación de asignación	Ciego de participantes e investigadores	Ciego de evaluadores	Datos de resultado incompletos	Notificación selectiva de los resultados	Riesgo de sesgo
Ilfield <i>et al.</i> , 2019a ¹⁴	-	-	-	-	+	+	Riesgo alto
Ilfield <i>et al.</i> , 2019b ¹⁵	+	+	+	+	+	+	Riesgo bajo
Ilfield <i>et al.</i> , 2018 ¹⁶	+	+	+	+	+	+	Riesgo bajo
De la Cruz <i>et al.</i> , 2021 ¹⁷	+	-	-	-	+	+	Riesgo moderado
Albright <i>et al.</i> , 2021 ¹⁸	+	+	+	+	+	+	Riesgo bajo

De la Cruz <i>et al.</i> , 2019a ¹⁹	+	-	-	+	+	+	Riesgo bajo
García <i>et al.</i> , 2020a ²⁰	-	-	-	-	+	+	Riesgo alto
García <i>et al.</i> , 2020b ²¹	+	-	-	+	+	+	Riesgo bajo
San Emeterio <i>et al.</i> , 2021 ²²	+	-	-	-	+	+	Riesgo moderado
De la Cruz <i>et al.</i> , 2019b ²³	+	-	-	-	+	+	Riesgo moderado
Ilfield <i>et al.</i> , 2017 ²⁴	-	-	-	-	+	+	Riesgo alto
De la Cruz <i>et al.</i> , 2020 ²⁵	+	-	-	+	+	+	Riesgo bajo
Álvarez <i>et al.</i> , 2019 ²⁶	-	-	-	-	+	+	Riesgo alto
Gilmore <i>et al.</i> , 2019 ²⁷	+	+	+	+	+	+	Riesgo bajo
Gilmore <i>et al.</i> , 2018 ²⁸	-	-	-	-	+	+	Riesgo alto
Deng <i>et al.</i> , 2020 ²⁹	+	+	+	+	+	+	Riesgo bajo
El Tair <i>et al.</i> , 2022 ³⁰	-	+	+	+	+	+	Riesgo bajo

+: bajo riesgo de sesgo, -: alto riesgo de sesgo

4.4 Análisis de la calidad metodológica de los estudios

Del total de los estudios analizados, 5 de 17 tienen un riesgo de sesgo alto, ya que se trata de estudios sin grupo control. Por otra parte, 3 artículos tienen un riesgo de sesgo moderado, ya que no se ha ocultado la asignación de la intervención ni a los participantes e investigadores ni a los evaluadores. Por tanto, la mayoría de los artículos tienen riesgo de sesgo bajo (n=9), cosa que aporta fiabilidad a la revisión.

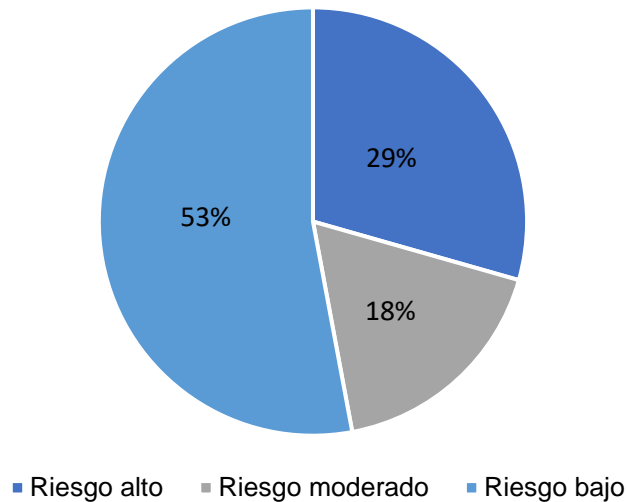


Figura 2. Gráfico de los porcentajes del riesgo de sesgo

4.5 Análisis de los resultados de cada estudio

Antes de realizar el resumen de los resultados sacados de cada estudio analizado, se muestra mediante una tabla (Tabla 4) la relación de los artículos que emplean la NMP con la misma finalidad y los resultados relevantes obtenidos.

Tabla 4. Relación entre estudios, finalidad de la aplicación de la NMP y resultados.

	Autor, año	Resultados relevantes
Analgesia postoperatoria	Ilfield <i>et al.</i> , 2019a ¹⁴	Disminución del dolor y demanda de opioides. Mejoras en la prueba de caminata de 6 minutos y en las puntuaciones WOMAC.
	Ilfield <i>et al.</i> , 2019b ¹⁵ Ilfield <i>et al.</i> , 2018 ¹⁶	Disminución del dolor y demanda de opioides.
	Ilfield <i>et al.</i> , 2017 ²⁴	Disminución del dolor y demanda de opioides. Mejora del ROM de rodilla.
Epicondalgia lateral	De la Cruz <i>et al.</i> , 2021 ¹⁷	Disminución del dolor. Mejora en las puntuaciones PRTEE.
Amputación EEl	Albright <i>et al.</i> , 2021 ¹⁸	Disminución del dolor y demanda de opioides.
	Gilmore <i>et al.</i> , 2019 ²⁷	Disminución del dolor (PLP y RLP). Mejora funcional.
Rendimiento muscular (FHL)	De la Cruz <i>et al.</i> , 2019a ¹⁴	Mejora del equilibrio y de la resistencia muscular.
	De la Cruz <i>et al.</i> , 2019b ²³	

Dolor anterior de rodilla	García <i>et al.</i> , 2020a ²⁰	Disminución del dolor. Mejora del ROM de rodilla.
	García <i>et al.</i> , 2020b ²¹	Disminución del dolor. Mejora funcional y de calidad de vida.
Dolor lumbar crónico	San Emeterio <i>et al.</i> , 2021 ²²	Disminución del dolor. Mejora del ROM de cadera y equilibrio.
	Gilmore <i>et al.</i> , 2018 ²⁸	Disminución del dolor. Mejora funcional.
Acortamiento isquiotibiales	De la Cruz <i>et al.</i> , 2020 ²⁵	Mejora del ROM en la prueba de elevación de la pierna recta.
Recuperación de fuerza (cuádriceps)	Álvarez <i>et al.</i> , 2019 ²⁶	Mejora en la fuerza isométrica máxima media del cuádriceps.
Migraña	Deng <i>et al.</i> , 2020 ²⁹	Reducción de los días de migraña. Disminución de la puntuación en el cuestionario HIT-6.
Vejiga hiperactiva	El Tair <i>et al.</i> , 2022 ³⁰	Mejora funcional.

Abreviaturas. EEII: extremidades inferiores, FHL: flexor hallucis longus, HIT: Hedache Impact Test, PLP: dolor del miembro fantasma, PRTEE: evaluación del codo de tenista calificada por el paciente, RLP: dolor crónico del miembro residual, ROM: rango de movimiento, WOMAC: índice de osteoartritis de las universidades de Western Ontario y McMaster.

A continuación, se presenta el resumen de los resultados obtenidos en cada estudio analizado.

Respecto a la analgesia postoperatoria, se estudió el uso de la NMP tras una artroplastia total de rodilla (Ilfield *et al.*, 2019a¹⁴; Ilfield *et al.*, 2017²⁴), tras la reconstrucción ambulatoria del ligamento cruzado anterior con un autoinjerto rotuliano (Ilfield *et al.*, 2019b¹⁵) y después de una osteotomía unilateral primaria ambulatoria del hallux valgus (Ilfield *et al.*, 2018¹⁶). En Ilfield *et al.*, (2019a)¹⁴, respecto al dolor, se obtuvo durante las dos primeras semanas de tratamiento una puntuación diaria menor a 4 en la escala EVA en el 86% de los pacientes y un 57% dejó de consumir opioides en la primera semana. Por otra parte, pasadas 12 semanas tras la cirugía, en 6 de 7 pacientes (86%) se vieron mejoras del 10% en la prueba de caminata de 6 minutos y de un 85% promedio en las puntuaciones WOMAC. En Ilfield *et al.*, (2017)²⁴ se consiguió en el 80% de los pacientes una mejora mayor al 50% del dolor en reposo, con un promedio del 63%. Por otra parte, el dolor disminuyó en un promedio del 14% al realizar la flexión pasiva de rodilla y de un 50% en la flexión activa de la articulación. Los resultados obtenidos en estos dos ensayos fueron clínicamente significativos.

Ilfield *et al.*, (2019b)¹⁵ realizaron el ensayo con dos grupos: programa y control. Se observaron mejoras del 7% en el nivel de dolor durante los primeros 5 minutos de estimulación en el grupo programa, mientras que el grupo control experimentó un ligero aumento (4%) del dolor. En cambio, durante los 5 minutos de estimulación cruzada, el grupo de simulación percibió una mejora de un 11% en comparación con el nivel de dolor inicial. Además, el consumo de opioides fue menor a 1 tableta/día. En Ilfield *et al.*, (2018)¹⁶ los resultados obtenidos en la mejora del dolor en ambos grupos durante los diversos periodos de estimulación son

similares. En el grupo de estimulación activa se obtuvo una puntuación promedio menor a 1 en la escala EVA tanto en el dolor dinámico como en reposo y el uso de opioides promedio fue también menor a 1 tableta diaria. El efecto terapéutico obtenido en ambos estudios piloto no fue clínicamente significativo, por lo que se justifica la realización de un ensayo clínico posterior.

En un ensayo (De la Cruz *et al.*, 2021¹⁷) se emplea la NMP en pacientes con epicondalgia lateral crónica. Tanto el grupo control como el programa comenzaron con valores basales sin diferencias significativas. Sin embargo, al finalizar el ensayo se obtuvo una puntuación promedio del nivel del dolor de 2 en la escala NRS en el grupo que recibió el tratamiento de NMP y de 39 en los puntos del PRTEE. Por el contrario, el grupo control obtuvo un valor promedio de 8 en la escala NRS y de 79 en el PRTEE.

Sobre la amputación de EEII aparecen dos artículos. En el primero (Albright *et al.*, 2021¹⁸) se compara la eficacia de la NMP junto a la terapia médica estándar (SMT) ante el único uso de la SMT. Se observa que el grupo programa obtuvo una reducción del PLP promedio del 76% frente al 29% del control y del 86% frente al 52% del RLP promedio. Además, el consumo de opioides fue menor en el grupo de NMP y las puntuaciones en la escala PCS y BPI-SF fueron beneficiosas. Sin embargo, los valores de PDI fueron más altos en este grupo y en las escalas FIM y PGIC no se obtuvieron diferencias significativas. Respecto al segundo ensayo (Gilmore *et al.*, 2019²⁷), los resultados fueron similares con una reducción en el PLP promedio del 72% en el grupo programa frente a un 33% del grupo control y de un 56% frente a un 27% en el RLP promedio. También se obtuvieron mejores resultados del grupo de NMP en la escala PGIC, informaron de mejoras funcionales medidas por reducciones en la interferencia del dolor en las AVD y el consumo de opioides fue menor.

Hay dos artículos sobre el rendimiento del músculo FHL que evalúan la efectividad de la NMP respecto a otras terapias. Uno de ellos compara la NMP con el estiramiento y el ejercicio excéntrico (De la Cruz *et al.*, 2019a¹⁹) y el otro la compara con el TENS (De la Cruz *et al.*, 2019b²³). Al comparar la NMP tanto con el estiramiento y el ejercicio excéntrico como con el TENS, los valores del ROM tenían una media de 105° en todos los grupos, únicamente se obtuvieron resultados significativos al finalizar el tratamiento en las pruebas de equilibrio y resistencia. En el primer ensayo los resultados obtenidos en equilibrio fueron de 42s en el grupo de NMP, de 25s en el de estiramientos y de 23s en el de ejercicio excéntrico, y en resistencia fueron de 33 repeticiones en el grupo programa y de 18 en los dos restantes. Por otra parte, los resultados obtenidos en el segundo ensayo fueron de 49,3s en el grupo de NMP y de 45,9 en el grupo de TENS en la prueba de equilibrio y de 33 y 27 repeticiones respectivamente en la prueba de resistencia.

Referente al dolor anterior de rodilla se presentan dos artículos. Los resultados obtenidos en el ensayo de García *et al.*, (2020a)²⁰ fueron una reducción del dolor del 14,3% inmediatamente después del tratamiento respecto el valor tomado preintervención y del 71,4% pasadas 24h. En cuanto al rango de movimiento de flexión activa de rodilla, únicamente se observaron cambios significativos 24 horas después de la intervención, donde el ROM aumentó de $135,5^{\circ} \pm 5,97$ (medida preintervención) a $147,1^{\circ} \pm 4,45$. No obstante, inmediatamente después de la sesión ya se observaron mejoras, puesto que la amplitud articular se había incrementado hasta $139,7^{\circ} \pm 5,11$. Por otro lado, en García *et al.*, (2020b)²¹ se obtuvieron mejoras significativas intrasujeto en el ROM de flexión de rodilla, en la escala numérica de dolor, en el cuestionario Kujala y en el cuestionario VISA-P. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas intergrupales en ninguna de las medidas utilizadas.

San Emeterio *et al.*, (2020)²² llevaron a cabo un estudio piloto en el cual se realizó NMP del nervio ciático en pacientes con dolor lumbar crónico. Los resultados obtenidos fueron una mejora significativa del ROM pasivo de la cadera, del dolor y del grado de discapacidad independientemente de la zona en que se realizara la punción. En cuanto al equilibrio dinámico se encontraron diferencias significativas intragrupo en todas las intervenciones e intergrupo en la intervención posteromedial. Gilmore *et al.*, (2018)²⁸ también realizaron un ensayo donde se estudiaba el uso de la NMP en la misma patología. Después de la intervención los pacientes refirieron una reducción del dolor medio del 84% y de un 74% en la peor intensidad. En referencia al consumo de opiáceos este disminuyó al 100% (de 8 dosis/día a 0 dosis/día) en 1 mes. Además, también se redujo el consumo de analgésicos de 3 dosis/día a 1 dosis/día. Asimismo, se observaron mejoras en el grado de discapacidad y funcionalidad y el área dolorosa se vio reducida.

En De la Cruz *et al.*, (2020)²⁵ se comparó la eficacia de la NMP ante estiramientos pasivos, controles neurodinámicos ciáticos y estimulación mecánica mediante aguja en acortamiento de isquiotibiales. Los tres grupos mejoraron los valores de la prueba de elevación de la pierna no intervenida respecto a los parámetros iniciales. No obstante, los grupos de NMP y estimulación mecánica obtuvieron los valores más elevados. Pasaron, respectivamente, de $49,90^{\circ} \pm 6,53$ a $64,50^{\circ} \pm 4,52$ y de $47,65^{\circ} \pm 8,00$ a $59,85^{\circ} \pm 8,89$ en el test de elevación de la pierna realizado en la extremidad no intervenida.

Álvarez *et al.*, (2019)²⁶ concluyeron que la NMP en el nervio femoral de cuádriceps que habían sufrido patologías previas producía mejoras significativas en la fuerza isométrica máxima media alcanzando una mejora de aproximadamente 4kg entre las medidas pre y postintervención.

Sobre la aplicación de la NMP en migrañas se ha incluido un único artículo (Deng *et al.*, 2020²⁹) que, además, comparaba la eficacia de esta técnica frente a la estimulación transcutánea supraorbitaria. En el tercer mes de tratamiento, se contempló una reducción significativa en los días de migraña en ambos grupos. Por otro lado, se observó en todos los sujetos, aunque no de forma significativa, una mejora desde el inicio del ensayo hasta el tercer mes en el cuestionario HIT-6. Esta mejoría fue más notable en el grupo del estimulador transcutáneo.

Finalmente, El Tair *et al.*, (2022) estudiaron el papel de la NMP del nervio tibial en pacientes con vejiga hiperactiva. Se obtuvo una mejora muy significativa en la frecuencia de micción durante el transcurso del tratamiento en el grupo programa. Asimismo, el 57% del grupo tratado con NMP mostró una mejoría en los tres primeros meses postintervención en las manifestaciones de incontinencia de urgencia versus un 27% del grupo con tratamiento simulado.

5. DISCUSIÓN

Esta revisión sistemática incluye 17 ensayos clínicos y ensayos control aleatorizados. Todos ellos tienen una estructura similar, cosa que agiliza y facilita su análisis y lectura. Respecto al riesgo de sesgo, la mayoría de los ensayos incluidos en este trabajo presentan un riesgo bajo.

Esta revisión pone en relevancia que la NMP es un tratamiento novedoso para abordar diferentes patologías del sistema neuromusculoesquelético. La neuromodulación se emplea para revertir la sensibilización del sistema nervioso. Estos Síndromes de Sensibilización Central comprenden más de 50 enfermedades que incluyen migrañas o dolor crónico. La resistencia a los fármacos de los individuos que padecen estas patologías conlleva la necesidad de nuevas terapias³¹.

La muestra utilizada en la mayoría de los estudios presenta una gran variabilidad de ensayos, tanto en intervenciones como en el tipo de patologías. Por este motivo, la discusión de los resultados se centra en puntos comunes: la efectividad de la NMP en la disminución del dolor y en la mejora funcional de los participantes. Además, se incluye la comparación de esta técnica frente a otras medidas de tratamiento y las patologías más sensibles a la aplicación de la NMP.

5.1 Neuromodulación percutánea para la disminución del dolor

En sus inicios, la neuromodulación para el dolor se empleaba con la finalidad de generar parestias en torno a una zona dolorosa en la espalda aplicando corrientes de alta frecuencia. Esto tenía inconvenientes, ya que las parestias podían incrementar más de lo deseado y llegar a ocasionar sensaciones desagradables en las extremidades³². Hoy en día la neuromodulación percutánea es una técnica que se utiliza principalmente para disminuir el dolor, es decir, como medida analgésica, mediante la aplicación de corrientes de baja o media frecuencia³.

La mayor parte de los artículos incluidos en esta revisión (12 de 17) valoraban el dolor tras la aplicación de la NMP y en la gran mayoría obtuvieron resultados significativamente beneficiosos. Además, en varios de ellos (Ilfield *et al.*, 2019a¹⁴; Ilfield *et al.*, 2019b¹⁵; Ilfield *et al.* 2018¹⁶; Ilfield *et al.*, 2017²⁴; Albright *et al.*, 2021¹⁸) se afirma que se reduce el consumo de opioides y, por tanto, disminuyen también los efectos secundarios que estos conllevan (náuseas, somnolencia, sedación, síndrome de abstinencia, etc.)³³.

Es decir, la NMP es una técnica útil para el tratamiento del dolor que, además, consigue una reducción del consumo de opioides que se emplea en las terapias habituales.

5.2 Neuromodulación percutánea para la mejora de la funcionalidad

La calidad de vida de la mayoría de los pacientes con trastornos del sistema neuromusculoesquelético está afectada no solo por el dolor, sino también por la pérdida de funcionalidad que esto supone. Mediante el uso de la neuromodulación percutánea, aplicando la corriente en ciertos puntos anatómicamente definidos, se consiguen mejoras de la función³⁴.

En los artículos analizados en el presente trabajo, se valoraba la funcionalidad en 15 artículos de los 17 recabados. En la mayoría se observaba una mejora de este factor de forma significativa tras aplicar el periodo de tratamiento de NMP.

Por tanto, esta técnica es una medida efectiva para la mejora de la funcionalidad en ciertas patologías del sistema neuromusculoesquelético.

5.3 Neuromodulación percutánea vs. otros tratamientos

Respecto a la comparación con otras terapias destinadas a la disminución del dolor, únicamente 2 de los 17 artículos analizados comparaban diversas técnicas. En uno de ellos

(Albright *et al.*, 2021¹⁸) se ha visto que es mejor combinar la NMP junto a la terapia médica habitual que emplear esta última únicamente.

Por otra parte, 5 de los 17 ensayos incluidos en esta revisión comparaban la NMP con otras técnicas en la mejora de la funcionalidad. Solamente en dos de ellos (Albright *et al.*, 2021¹⁸; De la Cruz *et al.*, 2020²⁵) se obtuvieron beneficios significativos de la función. Sin embargo, el resto de artículos obtuvieron unos resultados sobresalientes, aunque de forma no significativa.

Por tanto, únicamente 2 artículos de 17 confirman la superioridad de la NMP ante otras medidas de tratamiento. Es necesaria más evidencia que permita establecer si esta técnica es más o menos efectiva de forma significativa en el tratamiento de las patologías mencionadas en esta revisión.

5.4 Patologías más sensibles a la aplicación de neuromodulación percutánea

La neuromodulación percutánea es una terapia indicada para diversos problemas neuromusculares, ya sean agudos o crónicos, por sus potenciales beneficios. La aplicación de la NMP está indicada en lesiones como dolor crónico, alteración del tono muscular, lesiones ligamentosas, tendinopatías, atrapamientos nerviosos, vejiga hiperactiva, etc.^{8,35}

En el caso de esta revisión, se ha visto que los mejores resultados han sido obtenidos en los artículos que analizaban la eficacia de la NMP en el dolor postoperatorio, epicondalgia lateral, dolor postamputación, dolor anterior de rodilla y dolor lumbar crónico, tanto en la mejora del dolor como de la función. A parte, cabe destacar la eficacia de esta técnica en la mejora de la funcionalidad en los siguientes trastornos: acortamiento de isquiotibiales, debilidad de la musculatura cuadriceps y vejiga hiperactiva.

5.3 Limitaciones

Las limitaciones de esta revisión han sido varias. Para empezar, puesto que se trata de una técnica novedosa en el ámbito de la fisioterapia, el número de artículos recabado que cumpliera los criterios de elegibilidad ha sido limitado. Es importante mencionar también que la muestra de sujetos empleada en la mayoría de los estudios es reducida. Además, se han debido utilizar ensayos sin grupo control para poder incluir una muestra mayor. Por otra parte, a pesar de estudiar la efectividad de la NMP en diversas patologías, no se han encontrado muchos artículos que estudien el mismo trastorno. Por último, es importante destacar que

nuestra inexperiencia en la realización de revisiones sistemáticas ha supuesto una dificultad a la hora de realizar este trabajo.

5.4 Líneas futuras

Tras haber realizado esta revisión sistemática, se considera que es conveniente que los ensayos cuenten con una muestra lo suficientemente grande como para poder extrapolar los resultados a la población. Además, se necesita evidencia clínica continua de alta calidad para el crecimiento de esta nueva técnica de tratamiento y más estudios que aclaren la posología y las condiciones del dolor musculoesquelético que se beneficiarían de esta intervención.

6. CONCLUSIONES

La NMP se considera una técnica eficaz para la mejora del dolor y de la funcionalidad y, como consecuencia, de la calidad de vida de los pacientes. En concreto, se han observado beneficios más significativos en el tratamiento del dolor postquirúrgico, de la epicondalgia lateral, del dolor postamputación, del dolor anterior de rodilla y del dolor lumbar crónico.

Dentro de esta revisión se confirma la superioridad de la NMP sobre otras técnicas de tratamiento de forma significativa en 2 ensayos. Por tanto, se considera que es necesaria la realización de más estudios que analicen la eficacia de esta técnica frente a otras medidas.

7. BIBLIOGRAFÍA

- 1) Abejon D, Perez-Cajaraville J. Peripheral nerve stimulation: definition. *Prog Neurol Surg*. 2011; 24: 203-9.
- 2) Knotkova H, Rasche D. *Textbook of Neuromodulation. Principles, Methods and Clinical Applications*. Springer. New York, 2015.
- 3) Vidal J., et al. *Manual de Medicina del Dolor. Fundamentos, evaluación y tratamiento*. España: Panamericana; 2016, vol I.
- 4) Leone M., Cecchini AP. Central and Peripheral Neural Targets for Neurostimulation of Chronic Headaches. *Curr Pain Headache Rep*. 2017; 21:16.
- 5) Valera F, Minaya F, Medina F. Ultrasound-guided percutaneous needle electrolysis in chronic lateral epicondylitis: short-term and long-term results. *Acupuncture in Medicine*. 2014; 32(6):446-454.
- 6) Krames E, Peckham PH, Rezai AR. *Neuromodulation comprehensive, textbook of principles, technologies, and therapies*. 2ª ed. Elsevier; 2018:1828.
- 7) García-March G, García-Catalán G. Neuromodulación eléctrica y dolor raquídeo. *Revista de la Sociedad Española del Dolor*. 2015;22(3):116-125.
- 8) Plaza G, Gómez GF, Cleland JA, Arías JL, Fernández C, Navarro MJ. Effectiveness of percutaneous electrical nerve stimulation for musculoskeletal pain: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Pain*. 2020; 24(6):1023-1044.
- 9) Sivanesan E, Cohen SP. Response to "Safety analysis of dorsal root ganglion stimulation in the treatment of chronic pain". *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface*. 2019;0(0).
- 10) Azkue JJ, Ortiz V, Torre F, Aguilera L. La Sensibilización Central en la fisiopatología del dolor. *Gac Med Bilbao*. 2007; 104:136-140.
- 11) Dydyk AM, Givler A. Central Pain Syndrome. *Stat Pearls* [Internet]. 2021 [citado 28 abril 2022]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK553027/>
- 12) Hutton B, Catalá-López F, Moher D. The PRISMA statement extension for systematic reviews incorporating network meta-analysis: PRISMA-NMA. *Med Clin (Barc)*. 2016; 147(6):262-6.
- 13) Centro Cochrane Iberoamericano, traductores. *Manual Cochrane de Revisiones Sistemáticas de Intervenciones, versión 5.1.0 [actualizada en marzo de 2011]* [Internet]. Barcelona: Centro Cochrane Iberoamericano; 2012 [citado 28 abril 2022]. Disponible en: <http://www.cochrane.es/?q=es/node/269>
- 14) Ilfield B, Ball S, Gabriel R, Sztain J, Monahan A, Abramson W, Khatibi B, Said E, Parekh J, Grant S, Wongsarnpigoon A, Boggs J. A Feasibility Study of Percutaneous

- Peripheral Nerve Stimulation for the Treatment of Postoperative Pain Following Total Knee Arthroplasty. *Neuromodulation*. 2019; 22(5):653-660.
- 15) Ilfield B, Said E, Finneran J, Sztain J, Abramson W, Gabriel R, Khatibi B, Swisher M, Jaeger P, Covey D, Robertson C. Ultrasound-Guided Percutaneous Peripheral Nerve Stimulation: Neuromodulation of the Femoral Nerve for Postoperative Analgesia Following Ambulatory Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Proof of Concepts Study. *Neuromodulation*. 2019; 22(5):621-629.
 - 16) Ilfield B, Gabriel R, Said E, Monahan A, Sztain J, Abramson W, Khatibi B, Finneran J, Jaeger P, Schwartz A, Ahmed S. Ultrasound-Guided Percutaneous Peripheral Nerve Stimulation. Neuromodulation of the Sciatic Nerve for Postoperative Analgesia Following Ambulatory Foot Surgery, a Proof-of-Concept Study. *Reg Anesth Pain Med*. 2018; 43(6):580-589.
 - 17) De la Cruz B, Abuín V, Navarro E, Calvo C, Romero C. Ultrasound-Guided Percutaneous Neuromodulation in Patients with Chronic Lateral Epicondylalgia: A Pilot Randomized Clinical Trial. *Int J Environ Res Public Health*. 2021; 18(9):4877.
 - 18) Albright B, Phan T, Trainer RJ, Crosby ND, Murphy DP, Disalvo P, Amendola M, Lester DD. Peripheral nerve stimulation for the management of acute and subacute post-amputation pain: a randomized, controlled feasibility trial. *Pain Manag*. 2021; 12(3):357-369.
 - 19) De la Cruz B, Barrera-García I, Albornoz M. Immediate effects of ultrasound-guided percutaneous neuromodulation versus physical exercise on performance of the flexor hallucis longus muscle in professional dancers: a randomized clinical trial. *Acupunct Med*. 2019; 37(2):91-97.
 - 20) García P, Romero C, De la Cruz B. Effect of ultrasound-guided percutaneous neuromodulation applied to the femoral nerve on pain and range of motion in patients with anterior knee pain: A case study. *Rev Fisioter Invasiva*. 2020; 3(1):30-34.
 - 21) García P, De la Cruz B, Romero C. Ultrasound-Guided Percutaneous Neuromodulation in Patients with Unilateral Anterior Knee Pain: A Randomized Clinical Trial. *Mdpi*. 2020; 10(13):4647.
 - 22) San Emeterio R, Minaya F, Romero C, De la Cruz B. Correct Sciatic Nerve Management to Apply Ultrasound-Guided Percutaneous Neuromodulation in Patients with Chronic Low Back Pain: A Pilot Study. *Neuromodulation*. 2021; 24(6):1067-1074.
 - 23) De la Cruz B, Barrera I, Romero C. Comparative Effects of One-Shot Electrical Stimulation on Performance of the Flexor Hallucis Longus Muscle in Professional Dancers: Percutaneous Versus Transcutaneous? *Neuromodulation*. 2019; 23(6):865-870.

- 24) Ilfeld B, Grant S, Glimore C, Chae J, Wilson R, Wongsarnpigoon A, Boggs J. Neurostimulation for Postsurgical Analgesia: A Novel System Enabling Ultrasound-Guided Percutaneous Peripheral Nerve Stimulation. *Pain Pract.* 2017; 17(7):892-901.
- 25) De la Cruz B, Carrasco C, Minaya F, Romero C. Crossover effects of ultrasound-guided percutaneous neuromodulation on contralateral hamstring flexibility. *Acupunct Med.* 2020; 39(5):512-521.
- 26) Álvarez D, Carvajal O, Pérez N, Minaya F. Changes in Maximal Isometric Quadriceps Strength after the Application of Ultrasound-Guided Percutaneous Neuromodulation of the Femoral Nerve: A Case Series. *J Inv Tech in Physical Therapy.* 2019; 2(1):39-45.
- 27) Gilmore C, Ilfeld B, Rosenow J, Li S, Desai M, Hunter C, Rauck R, Kapural L, Nader A, Mak J, Cohen S, Crosby N, Boggs J. Percutaneous peripheral nerve stimulation for the treatment of chronic neuropathic postamputation pain: a multicenter, randomized, placebo-controlled trial. *Reg Anesth Pain Med.* 2019; 44(6):637-645.
- 28) Gilmore C, Kapural L, McGee M, Boggs J. Percutaneous Peripheral Nerve Stimulation (PNS) for the Treatment of Chronic Low Back Pain Provides Sustained Relief. *Neuromodulation.* 2018; 22(5):615-620.
- 29) Deng Y, Zheng M, He L, Yang J, Yu G, Wang J. A Head-to-Head Comparison of Percutaneous Mastoid Electrical Stimulator and Supraorbital Transcutaneous Stimulator in the Prevention of Migraine: A Prospective, Randomized Controlled Study. *Neuromodulation.* 2020; 23(6):770-777.
- 30) El Tair E, Gamal A, Gabr A, Elsofy A. Role of percutaneous tibial nerve stimulation in the management of the detrusor overactivity. *J MEd Sci Res.* 2022; 5:39-43.
- 31) Fernández J. Síndromes de sensibilización central: hacia la estructuración de un concepto multidisciplinar. *Medicina Clínica.* 2018, vol II.
- 32) Fishman M, Antony A, Esposito M, Deer T, Levy R. The Evolution of Neuromodulation in the Treatment of Chronic Pain: Forward-Looking Perspectives. *Pain Medicine.* 2019; 20:58-68.
- 33) Hernández F. Efectos secundarios de los opioides. *Dolor. Investigación Clínica y Terapéutica.* 2008; 23(2):100-115.
- 34) Barnes MP, Kent RM, Semlyen JK, McMullen KM. Spasticity in Multiple Sclerosis. *Neurorehabilitation and Neural Repair.* 2003; 17(1):66-70.
- 35) Valera F, Minaya F. *Fisioterapia Invasiva.* 2ª ed. Barcelona: Elsevier España; 2016.