



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA

Eficacia de la electroterapia en pacientes con reconstrucción quirúrgica del ligamento cruzado anterior: una revisión bibliográfica.

Effectiveness of the electrical therapy in patients with anterior cruciate ligament surgical reconstruction: a bibliographic review.

Eficacia da electroterapia en pacientes con reconstrución cirúrxica do ligamento cruzado anterior: unha revisión bibliográfica.



Facultade de
Fisioterapia

Estudiante: D. Santiago José Bernal Naylor

DNI: 47439266H

Director/a: Profa. Alicia Martínez Rodríguez

Convocatoria: Junio 2023

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. Resumen..... | 5 |
| 1. Abstract..... | 6 |
| 1. Resumen..... | 7 |
| 2. Introducción..... | 8 |
| 2.1. Tipo de trabajo..... | 8 |
| 2.2. Motivación personal..... | 8 |
| 3. Contextualización..... | 9 |
| 3.1. Antecedentes..... | 9 |
| 3.1.1. Epidemiología..... | 9 |
| 3.1.2. Anatomía y biomecánica..... | 9 |
| 3.1.3. Factores de riesgo..... | 10 |
| 3.1.4. Mecanismo lesional..... | 10 |
| 3.1.5. Diagnóstico..... | 11 |
| 3.1.6. Tratamiento..... | 11 |
| 3.1.7. Intervención de electroterapia..... | 12 |
| 3.1.7.1. NMES..... | 12 |
| 3.1.7.2. TENS..... | 12 |
| 3.1.7.3. Corriente Directa Transcraneal..... | 13 |
| 3.1.8. Formas de medición de las variables..... | 14 |
| 4. Objetivos..... | 16 |
| 4.1. Pregunta de investigación..... | 16 |
| 4.2. Objetivos..... | 16 |
| 4.2.1. General..... | 16 |
| 4.2.2. Específicos..... | 16 |
| 5. Metodología..... | 18 |
| 5.1. Fecha y bases de datos..... | 18 |
| 5.2. Criterios de selección..... | 18 |
| 5.2.1. Criterios de inclusión..... | 18 |
| 5.2.2. Criterios de exclusión..... | 18 |
| 5.3. Estrategia de búsqueda..... | 18 |
| 5.4. Gestión de la bibliografía localizada..... | 20 |
| 5.5. Selección de artículos..... | 20 |
| 5.6. Variables de estudio..... | 21 |
| 5.7. Niveles de evidencia..... | 22 |

| | |
|---|-----------|
| 6. Resultados | 24 |
| 6.1. Características de las intervenciones | 24 |
| 6.2. Resultados de los estudios | 27 |
| 6.2.1. Fuerza..... | 27 |
| 6.2.2. Circunferencia de la rodilla/muslo..... | 28 |
| 6.2.3. Dolor..... | 29 |
| 6.2.4. Equilibrio..... | 29 |
| 6.2.5. Funcionalidad..... | 30 |
| 6.2.6. Calidad metodológica..... | 30 |
| 7. Discusión | 32 |
| 7.1. Fuerza | 32 |
| 7.2. Circunferencia de la rodilla/muslo | 34 |
| 7.3. Dolor | 34 |
| 7.4. Equilibrio | 35 |
| 7.5. Funcionalidad | 36 |
| 8. Conclusiones | 37 |
| 9. Bibliografía | 38 |
| 10. Anexos | 44 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Factores de riesgo..... | 10 |
| Tabla 2. Estrategia de búsqueda..... | 19 |
| Tabla 3. Características de las intervenciones de los ensayos clínicos..... | 24 |
| Tabla 4. Características de las revisiones sistemáticas..... | 26 |
| Tabla 5. Calidad metodológica..... | 30 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Proceso de selección de artículos..... | 21 |
|--|----|

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS/ABREVIATURAS

| | |
|-------------|--------------------------------------|
| ECA | Ensayo clínico aleatorizado |
| LCA | Ligamento cruzado anterior |
| NMES | Estimulación eléctrica neuromuscular |

| | |
|--------------|---|
| Hz | Hercios |
| mA | Miliamperios |
| ms | Milisegundos |
| s | Segundos |
| TENS | Estimulación eléctrica transcutánea |
| tDCS | Corriente directa transcraneal |
| IKDC | <i>International Knee Documentation Committee</i> |
| EVA | Escala Visual Analógica |
| NRS | <i>Numeric Rating Scale</i> |
| ACL | Reconstrucción de ligamento cruzado anterior |
| STSTS | Sit To Stand To Sit test |
| TVP | Trombosis Venosa Profunda |
| cm | Centímetros |

1. RESUMEN

Introducción: La rotura de ligamento cruzado anterior (LCA) es una de las lesiones con mayor incidencia, especialmente, en el mundo del deporte. La rehabilitación tras la cirugía requiere un largo periodo de tiempo y tiene como principal intervención al ejercicio terapéutico. La electroterapia es otra de las posibles intervenciones que podrían aportar beneficios a la recuperación de esta lesión.

Objetivo: Conocer la eficacia de la electroterapia en pacientes que han sido intervenidos quirúrgicamente para la reconstrucción del LCA en comparación con un grupo control que no está sometido a electroterapia.

Material y método: Se ha realizado la búsqueda de ensayos clínicos aleatorizados (ECA) y revisiones sistemáticas en Pubmed, Cochrane y Web of Science con estimulación eléctrica neuromuscular (NMES), estimulación eléctrica nerviosa transcutánea (TENS) y estimulación con corriente directa transcraneal (tDCS) desde enero de 2016 hasta el 25 de abril de 2023.

Resultados: Se han identificado 7 ECA con una calidad metodológica media de 7,14 en la escala PEDro y 4 revisiones sistemáticas. La mayoría de los ECA emplearon corrientes tipo NMES, seguida de tDCS y, solo en un caso, se empleó TENS. En 4 de los 5 artículos que analizaban la fuerza se encontró un aumento significativamente mayor que en el control. Los 3 trabajos que analizaron la circunferencia de la rodilla y el muslo obtuvieron también mejorías significativas. Solo en 1 de los 4 artículos que evaluaron el dolor se encontró una mejoría significativa y ninguno de los 3 que analizaban la funcionalidad mostraron diferencias significativas entre los grupos. Solo 1 estudio valoró el equilibrio y no encontró diferencias significativas con respecto al grupo control. Las 4 revisiones sistemáticas analizaban la eficacia de la NMES y concluyen que es beneficiosa para la ganancia de fuerza. Parece que el periodo de estimulación debe iniciarse cuanto antes para una mayor efectividad.

Conclusiones: La NMES aplicada en fases tempranas puede ser beneficiosa para mejorar la fuerza, el dolor y la funcionalidad en pacientes con reconstrucción quirúrgica del LCA. Hacen falta más estudios para analizar e identificar los posibles beneficios de la TENS y de la tDCS, así como los parámetros que pueden resultar idóneos.

Palabras clave: Ligamento cruzado anterior, Reconstrucción ligamento cruzado anterior, Electroterapia, NMES, TENS, tDCs.

1. ABSTRACT

Background: The anterior cruciate ligament tear is one of the most common injuries, especially in the world of sports. The rehabilitation following this surgery requires a long period of time and the main intervention is therapeutic exercise. Electrical therapy is another potential intervention that could provide benefits for the recovery of this injury.

Objective: To determine the effectiveness of electrical therapy in patients who underwent surgical reconstruction of the anterior cruciate ligament compared to a control group not undergoing electrical therapy.

Methods: A research for randomized clinical trial (RCT) and systematic reviews was conducted in Pubmed, Cochrane and Web of Science including studies published from January 2016 to April 25, 2023 involving neuromuscular electrical stimulation (NMES), transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) and transcranial direct current stimulation (tDCS).

Outcomes: 7 RCTs with a mean methodological quality of 7.14 on the PEDro scale and 4 systematic reviews were included. The majority of RCTs used NMES, followed by tDCS and TENS was only used in one case. 4 out of 5 articles analyzing strength found a significantly bigger increase compared to the control group. The 3 studies examining knee and thigh circumference also reported significant improvements. Only 1 of the 4 articles pain showed a significant improvement and none of the 3 articles analyzing functionality showed significant differences between groups. Only 1 study assessed balance and found no significant differences compared to the control group. The 4 systematic reviews analyzed the effectiveness of NMES and concluded that it is beneficial for strength gain. Early initiation of the stimulation period appears to be more effective.

Conclusions: Early application of NMES may be beneficial in improving strength, pain and functionality in patients undergoing surgical reconstruction of the anterior cruciate ligament. Further studies are needed to analyze and identify the potential benefits of TENS and tDCS, as well as to determine the optimal parameters for all types of electrical therapy.

Keywords: Anterior cruciate ligament, Anterior cruciate ligament reconstruction, Electrical therapy, NMES, TENS, tDCS.

1. RESUMO

Introdución: A rotura de ligamento cruzado anterior (LCA) é unha das lesións con maior incidencia, especialmente, no mundo do deporte. A rehabilitación tras a cirurxía require un longo período de tempo e ten como principal intervención o exercicio terapéutico. A electroterapia é outra das posibles intervencións que poderían aportar beneficios á recuperación desta lesión.

Obxectivo: Coñecer a eficacia da electroterapia en pacientes que foron intervidos cirurxicamente para a reconstrucción do LCA en comparación cun grupo control que non está sometido a electroterapia.

Material e métodos: Realizouse unha búsqueda de ensaios clínicos aleatorizados (ECA) e revisións sistemáticas en Pubmed, Cochrane e Web of Science con estimulación eléctrica neuromuscular (NMES), estimulación eléctrica nerviosa transcutánea (TENS) e estimulación con corrente directa transcraneal (tDCS) desde xaneiro de 2016 ata o 25 de abril de 2023.

Resultados: Identificáronse 7 ECA cunha calidade metodolóxica media de 7,14 na escala PEDro e 4 revisións sistemáticas. A maioría dos ECA empregaron correntes tipo NMES, seguida de tDCS e, só nun caso, empregouse TENS. En 4 dos 5 artigos que analizaban a forza atopouse un aumento significativamente maior que no control. Os 3 traballos que analizaron a circunferencia do xeonllo e do muslo obtiveron melloras significativas. Só en 1 dos 4 artigos que avaliaron a dor como atopouse unha mellora significativa e ningún dos 3 que analizaron a funcionalidade mostraron diferenzas significativas entre os grupos. Só 1 estudo valorou o equilibrio e non encontrou diferenzas significativas con respecto ao grupo control. As 4 revisións sistemáticas analizaron a eficacia da NMES e conclúen que é beneficiosa para a ganancia de forza. Semella que o período de estimulación debe comezar o antes posible para maior efectividade.

Conclusións: A NMES aplicada en fases tempranas pode ser beneficiosa para mellorar a forza, a dor e a funcionalidade en pacientes con reconstrucción cirúrxica do LCA. Faltan máis estudos para poder analizar e identificar os posibles beneficios da TENS e da tDCS, así como os parámetros que poden resultar idóneos.

Palabras chave: Ligamento cruzado anterior, Reconstrucción ligamento cruzado anterior, Electroterapia, NMES, TENS, tDCS.

2. INTRODUCCIÓN

2.1 TIPO DE TRABAJO

El tipo de trabajo elegido es una revisión bibliográfica centrada en analizar la efectividad de la electroterapia en pacientes con reconstrucción quirúrgica del ligamento cruzado anterior (LCA). El objetivo principal es ofrecer una descripción actualizada del estado del conocimiento sobre la electroterapia en pacientes con reconstrucción quirúrgica del ligamento cruzado anterior.

2.2 MOTIVACIÓN PERSONAL

La lesión de LCA es una de las lesiones más comunes en el ámbito deportivo en la actualidad. Debido a su prolongado tiempo de recuperación, se ha convertido en una de las lesiones más temidas tanto para los deportistas como para aquellos que no lo son.

Mi interés personal por las lesiones de LCA surge de mi profundo interés por el mundo del deporte. Observar a los grandes atletas de élite pasar largos periodos de tiempo inactivos debido a esta lesión me ha llevado a querer investigar más sobre ella y comprender el porqué y el cómo del proceso de recuperación. Además, esta motivación se ha visto incrementada por el hecho de haber tratado a varios pacientes con esta lesión en las estancias clínicas, así como por la circunstancia de que dos compañeros de mi equipo de fútbol la hayan sufrido durante esta temporada.

3. CONTEXTUALIZACIÓN

3.1 ANTECEDENTES

3.1.1 Epidemiología

La rotura de LCA tiene una gran incidencia en deportes de contacto y en aquellos en los que se exigen giros de rodilla, como el fútbol, el baloncesto, el rugby o el esquí. Dos tercios de este tipo de lesión se producen en un ámbito deportivo, afectando en mayor medida a población joven y activa con una prevalencia de 3/10.000 habitantes al año en el año 2010 (1).

Las tasas de lesión varían en gran medida dependiendo del sexo, siendo las mujeres más propensas a sufrir este tipo de lesión (2). También varían en función del nivel de competición, siendo más común cuanto más alto sea este nivel (3).

3.1.2 Anatomía y biomecánica

El LCA se inserta distalmente en la región anteromedial de la tibia, entre las espinas tibiales. Desde allí, se dirige proximalmente girando sobre sí mismo y se extiende en forma de abanico para insertarse a la región posteromedial del cóndilo femoral lateral. Este ligamento puede dividirse en dos fascículos tanto funcional como anatómicamente. Esta división se basa en los puntos de inserción en la tibia, lo que da lugar a un fascículo posterolateral, en la parte más posterior y externa con un diámetro aproximado de 30,6 mm, y a un fascículo anteromedial, en la parte más anterior e interna de un diámetro aproximado medio de 25,6 mm(4, 5).

El LCA es un ligamento intraarticular y extrasinovial que actúa como el principal estabilizador estático de la traslación anterior de la tibia, ya que soporta aproximadamente el 86% de la fuerza total que actúa sobre la tibia en las tracciones hacia delante. Además, dependiendo de la posición de la articulación de la rodilla, diferentes partes del ligamento entran en acción para brindar esta estabilidad. El fascículo anteromedial se tensiona principalmente a 90 grados de flexión de rodilla, mientras que el fascículo posterolateral se tensiona en la posición de extensión completa (6, 7). Sumada a esta función estabilizadora en la traslación anterior de la tibia, el LCA también limita y controla los movimientos rotaciones de la rodilla (4). La restricción de la rotación interna es controlada por el fascículo posteromedial (7).

El LCA actúa como un límite para la hiperextensión de rodilla, previene el deslizamiento posterior del fémur sobre el platillo tibial y evita también el posible exceso de rotación axial de la tibia sobre el fémur. A todo esto, se le suma también su gran importancia en la estabilidad en las posiciones de varo y de valgo.

El ligamento cruzado antero-externo, junto con el cruzado postero-interno, tienen la misión de regular el comportamiento cinemático de la articulación de la rodilla, además de la labor de informar a la musculatura periarticular sobre la posición de las superficies articulares y las cargas tensionales (7).

3.1.3 Factores de riesgo

Los factores de riesgo se pueden clasificar en modificables y no modificables; y dentro de estas categorías en intrínsecos o extrínsecos. En la Tabla 1 se exponen los principales factores de riesgo para sufrir una rotura de LCA (8, 9).

| Factores de riesgo modificables | Factores de riesgo no modificables |
|--|--|
| <p>Intrínsecos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Índice de masa corporal - Fatiga muscular - Poca flexión de cadera y rodilla en el aterrizaje tras salto - Alta actividad del cuádriceps con respecto a los isquiotibiales - Déficit de propiocepción <p>Extrínsecos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tipo de deporte - Nivel de competición - Condiciones climatológicas - Tipo de calzado - Tipo de superficie | <p>Intrínsecos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lesión previa - Genética - Ancho de la muesca intercondilar - Volumen del LCA - Laxitud ligamentosa - Genu recurvatum - Pronación subtalar - <i>Navicular drop</i> excesivo |

3.1.4 Mecanismo lesional

El mecanismo de lesión más común es la rotación del fémur sobre la tibia en cadena cinética cerrada (pie apoyado) durante un excesivo movimiento de valgo, es decir, en una

maniobra de pivote. La hiperextensión de rodilla ya sea en combinación con rotación interna de la tibia o de manera aislada, es también un mecanismo lesional común para la rotura de LCA. Por último, de manera minoritaria con respecto a los dos anteriores, se han observado lesiones de este tipo durante una flexión forzada de rodilla (10).

3.1.5 Diagnóstico

Para el diagnóstico de este tipo de lesión, el profesional clínico combinará el historial del paciente, un examen clínico y, si es necesario, una prueba de imagen.

La sospecha de rotura de LCA debe aparecer si el paciente reporta un mecanismo lesional típico, escucha o siente un chasquido en su rodilla en el momento de la lesión y/o hematoma en las 2 horas posteriores de la lesión (11).

En cuanto al examen clínico, existen varias pruebas que pueden ayudar al diagnóstico. El test de Lachman es el más validado, con un 85% de sensibilidad y una especificidad del 94%. El test de cajón anterior muestra muy buenos resultados en pacientes crónicos, sensibilidad del 92% y especificidad del 91%; sin embargo, en casos agudos este test no obtiene tan buenos resultados. El test "pivot shift" es muy específico, 98%, pero tiene una baja sensibilidad, 24% (12).

En la mayoría de los casos, la historia del paciente y el examen clínico son suficientes para llegar a un diagnóstico; no obstante, el dolor y la hinchazón que pueden aparecer en casos muy agudos nos pueden dificultar realizar las pruebas manuales. Por lo tanto, acudiríamos a una prueba de imagen, más en concreto una resonancia magnética. Posee un valor diagnóstico clínico parecido al test de Lachman, además de ayudar a detectar posibles lesiones concomitantes como roturas meniscales, contusiones óseas o lesiones en otros ligamentos de la articulación de la rodilla (11).

3.1.6 Tratamiento

Para el abordaje terapéutico, se pueden tomar dos caminos: el tratamiento conservador o el tratamiento quirúrgico. En este caso vamos a centrarnos en el segundo. Los autoinjertos del tendón rotuliano o tendón de la corva son los más comunes para los atletas. Estos injertos se asocian con dolor y/o debilidad en los músculos de los que procede el tendón. Los aloinjertos son otra opción que hace que se reduzcan las comorbilidades de las zonas donantes, pero tienen tasas de fracaso más altas y conllevan un riesgo de infección transmitida por el tejido alogénico (13).

Los resultados de las técnicas actuales son buenos, pero tienen sus efectos adversos como pueden ser la debilidad de isquiotibiales o cuádriceps, dolor en la cara anterior de la rodilla o la pérdida de propiocepción (14). Por ello, la intervención quirúrgica se debe acompañar de un trabajo de fisioterapia, que puede incluir diversas técnicas de electroterapia.

3.1.7 Intervención de Electroterapia

3.1.7.1 Estimulación eléctrica neuromuscular (NMES)

La estimulación eléctrica neuromuscular (NMES) consiste en la aplicación de una serie de estímulos eléctricos intermitentes a los músculos superficiales a través de electrodos en la piel, con el principal objetivo de desencadenar contracciones musculares gracias a la activación de las ramas nerviosas intramusculares. Los parámetros básicos en este tipo de estimulación son: la frecuencia (Hz), la intensidad (mA), la duración de fase o pulso (milisegundos o microsegundos) y ciclo de trabajo (o relación entre tiempo de contracción muscular y tiempo de descanso muscular en segundos) (15).

Es utilizada en casos en los que las contracciones musculares voluntarias se inhiben tras una lesión o cirugía gracias a la capacidad de esta electroestimulación de inducir potenciales de acción en los nervios motores y anular esta inhibición (16).

En comparación con la contracción muscular voluntaria, el músculo alcanza valores más altos en el consumo de oxígeno y en flujo sanguíneo durante la NMES (17).

La estimulación eléctrica repetida del músculo con la NMES ha demostrado tener efectos a la hora de aumentar el área transversal del músculo y el reclutamiento de unidades motoras neuromusculares, así como disminuir la atrofia de la masa muscular en pacientes tras lesiones u operaciones ortopédicas (18, 19)

3.1.7.2 Estimulación eléctrica nerviosa transcutánea (TENS)

La estimulación eléctrica nerviosa transcutánea (TENS) es una alternativa dentro de la electroterapia que se utiliza principalmente para el control del dolor tanto agudo como crónico. Se suministra principalmente por dos modalidades distintas: TENS convencional y TENS de acupuntura.

La modalidad convencional se aplica a alta frecuencia (más de 50 Hz, habitualmente en

torno a los 100 Hz), con una duración de pulso corta (50-100 microsegundos) y una baja intensidad (20). El objetivo es generar una sensación de hormigueo intenso, pero sin llegar a la contracción muscular ni a la molestia. El principal efecto de esta modalidad se produce a través del mecanismo de puerta de entrada o *gate control*. Consiste en la estimulación de los receptores sensitivos de transmisión rápida, los cuales al ser portadores de información más novedosa y tener una mayor velocidad de conducción, logra ascender a centros superiores e inhibir segmentariamente la transmisión de información nociceptiva (21). También se ha demostrado que este tipo de TENS libera opioides destinados a la estimulación de los receptores delta (20).

En lo que se refiere al TENS de acupuntura, se aplica a baja frecuencia (por debajo de 10 Hz) y alta intensidad, para producir una contracción muscular visible sin provocar dolor (20). En esta modalidad, el alivio del dolor se consigue mediante una analgesia extrasegmentaria inducida por las contracciones musculares rítmicas, las cuales provocan la liberación de endorfinas, encefalinas y otros opioides endógenos (21). Este proceso está mediado por los receptores mu (20).

Entre otros objetivos más recientes que se buscan lograr con la corriente tipo TENS se encuentra la disminución de la fatiga. Al utilizarse para aliviar el dolor, se teorizó la posibilidad de que pudieran disminuir el dolor que provoca un músculo cuando llega a la fatiga. Se ha encontrado que la utilización de TENS a alta frecuencia antes del entrenamiento, con una intensidad limitada a los primeros signos de contracción muscular, puede prolongar el tiempo de las contracciones musculares submáximas. Esto podría ayudar a aumentar, acelerar o potenciar las adaptaciones que se producen durante el entrenamiento. La fatiga se podría ver reducida a causa de la vasodilatación inducida por la contracción muscular, lo cual aumenta el suministro de oxígeno y la eliminación de los metabolitos. Además, este proceso podría incrementar la temperatura, mejorando así el ciclo enzimático y la producción de fuerza muscular (22,23).

3.1.7.3 Corriente Directa Transcraneal (tDCS)

La corriente directa transcraneal (tDCS) es una técnica de neuromodulación no invasiva que consiste en colocar dos o más electrodos en el cuero cabelludo que proporcionan una corriente constante en su intensidad y polaridad, denominada galvánica o directa, de baja amplitud, con una intensidad de corriente de 0,5-2 mA y un tiempo de estimulación de 15-20 minutos, para modular la actividad neuronal espontánea (24).

Actualmente se está utilizando para tratar un gran número de trastornos psiquiátricos, en la rehabilitación de pacientes que han sufrido accidentes cerebrovasculares, enfermedades neurológicas de varios tipos e incluso en personas sin ningún tipo de problema neurológico para mejorar la cognición, la memoria y la concentración (25). El aumento que provoca la corriente directa transcraneal en la actividad de las motoneuronas debido a la estimulación en el córtex motor primario hace que pueda ser una técnica útil a la hora de tratar lesiones musculoesqueléticas (26).

Para los efectos en el rendimiento físico es muy importante la identificación de los parámetros empleados (24, 26).

3.1.8 Formas de medición de las variables

Funcionalidad

Lysholm Score

El resultado en el Lysholm Score se consigue mediante la suma de 8 ítems y una nota final entre 0 y 100 puntos. Estos ítems son: cojera, bloqueo, subir escaleras, apoyo, inestabilidad, hinchazón y hacer una sentadilla.

Es un cuestionario diseñado por los clínicos específicamente para evaluar la mejoría de los pacientes tras una lesión u operación de rodilla. Un resultado de 95-100 es considerado excelente; 84-94 es bueno, 65-83 es regular y por debajo de los 65, malo (27).

Cuestionario de la International Knee Documentation Committee (IKDC)

El cuestionario IKDC evalúa a pacientes con lesiones meniscales y de ligamentos, así como otras lesiones en la articulación de la rodilla como dolor femoro-patelar. Determina la función en la vida diaria y en las actividades deportivas. Está compuesto por 18 ítems: 7 ítems relacionados con los síntomas en la rodilla, 1 ítems para la actividad deportiva, 9 ítems sobre las actividades de la vida diaria y 1 ítem para la funcionalidad de la rodilla. Una alta puntuación indica menores síntomas y mayor funcionalidad (28).

Fuerza

La fuerza se puede medir de manera isométrica o isocinética. En la primera de ellas se mide la fuerza muscular de forma estática. La medición de la fuerza isocinética se realiza dinámicamente en un rango de movimiento a una velocidad determinada. La recogida de los valores de las distintas fuerzas se realiza con un dinamómetro.

Equilibrio

Y-Balance Test

Este test mide el equilibrio dinámico. Se mide el alcance en tres direcciones: anterior, posteromedial y posterolateral. Este test se realiza tres veces en cada dirección mientras la persona se encuentra en bipedestación monopodal descalza. Se miden los tres intentos, siendo el de mayor alcance el resultado válido (17).

Dolor

Escala Visual Analógica (EVA)

La Escala Visual Analógica para el dolor fue inicialmente ideada en el campo de la psicología para medir el bienestar y el dolor. Consiste en una línea horizontal de 100 mm en la que el extremo izquierdo significa “Nada de dolor” y el extremo derecho “Peor dolor imaginable” (29).

Numeric Rating Scale (NRS)

La NRS es una escala diseñada para que el paciente la entienda de una manera rápida y pueda proporcionar una respuesta óptima. Consiste en preguntar al paciente un número del 0 al 10, siendo 0 “no dolor” y 10 “peor dolor imaginable” (30).

4. OBJETIVOS

4.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

La pregunta de investigación a la que se pretende dar respuesta con esta revisión bibliográfica ha sido formulada siguiendo la estructura PICO.

- Paciente (Patient): Pacientes con reconstrucción quirúrgica de ligamento cruzado anterior.
- Intervención (Intervention): Electroterapia (TENS, NMES, tDCS)
- Comparación (Comparison): Con otro grupo o grupos con reconstrucción quirúrgica de ligamento cruzado anterior que no reciba electroterapia o la reciba en forma de placebo.
- Resultado (Outcome): Eficacia sobre la fuerza, dolor, circunferencia de la rodilla o muslo, equilibrio y funcionalidad de la rodilla en las actividades de la vida diaria y deportivas.

¿Cuál es la eficacia de la electroterapia sobre la fuerza, el dolor, la circunferencia de la rodilla o el muslo, el equilibrio y la funcionalidad de la rodilla en comparación con una intervención sin electroterapia en personas con reconstrucción quirúrgica del ligamento cruzado anterior?

4.2 OBJETIVOS

4.2.1 General

Conocer la eficacia de la electroterapia en pacientes que fueron intervenidos quirúrgicamente para la reconstrucción del ligamento cruzado anterior en comparación con un grupo control que no está sometido a electroterapia.

4.2.2 Específicos

- Conocer el tipo de intervención de TENS, NMES o tDCS más empleado y las variables más comúnmente analizadas entre las aquí estudiadas.
- Identificar la eficacia de las intervenciones en la fuerza, el dolor, la circunferencia de la rodilla o el muslo, el equilibrio y la funcionalidad de la rodilla.

- Reconocer la fase de recuperación en la que la electroterapia puede ser más beneficiosa para el paciente.
- Determinar las diferencias de resultados entre los diferentes tipos de estimulación y los parámetros más comúnmente empleados.
- Identificar el nivel de la evidencia disponible.

5. METODOLOGÍA

5.1 FECHA Y BASES DE DATOS

Se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos Pubmed, Cochrane y Web of Science, siendo la última actualización realizada a 25 de abril de 2023.

5.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN

5.2.1 Criterios de inclusión:

- Artículos publicados en inglés, español o portugués hasta el 25 de abril de 2023.
- Estudios realizados en seres humanos
- Ensayos clínicos aleatorizados y revisiones sistemáticas publicadas a partir del 1 de enero de 2016.
- Artículos que contengan intervenciones con corrientes tipo NMES, TENS o tDCS.
- Los artículos deben incluir al menos un grupo experimental en el cual se utilice algún tipo de electroterapia en pacientes con reconstrucción quirúrgica del ligamento cruzado anterior de la rodilla. Además, es necesario que exista un grupo control que no reciba electroterapia o que la reciba en forma de placebo.
- Artículos que estudien alguna de las siguientes variables: fuerza, dolor, equilibrio y funcionalidad.

5.2.2 Criterios de exclusión:

- Protocolos de estudio o estudios en proceso.
- Artículos no disponibles utilizando las herramientas de la UDC.
- Intervenciones realizadas en el miembro no lesionado.
- Intervenciones que utilicen estimulación eléctrica exclusivamente mediante técnica invasiva.
- Artículos ya incluidos en las revisiones sistemáticas.

5.3 ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA

Antes de comenzar, se procedió a realizar una búsqueda en las bases de datos Cochrane y Pubmed en busca de revisiones sistemáticas con la intención de encontrar aquellas más recientes y de mayor importancia sobre el tema elegido.

Se encontró una revisión sistemática de Vogt Hauger, A., et al (2018) (16) en la cual se analizan los efectos de la NMES en la fuerza y funcionalidad en pacientes con reconstrucción de ligamento cruzado anterior. La búsqueda de artículos terminó el 15 de enero de 2016, razón por la cual en esta revisión se empieza la búsqueda en enero de ese mismo año.

Dado que en esta revisión no se incluyen otras formas de electroterapia, ni incluye más variables que la fuerza y funcionalidad, se ha realizado una búsqueda de bibliografía con el objetivo de encontrar artículos relacionados con el tema en 3 bases de datos distintas como son Pubmed, Cochrane y Web of Science.

En la Tabla 2 se muestra toda la información sobre la búsqueda realizada:

| Base de datos | Tipo de búsqueda | Ecuación de búsqueda | Filtros | Resultados |
|---------------|------------------|---|----------------------|------------|
| Pubmed | Avanzada | (((Minimally Invasive Surgical Procedures[MeSH Terms]) OR (surgical procedures, operative[MeSH Terms])) AND ("quadriceps muscle"[MeSH] OR "quadriceps"[tiab])) OR (("ACL reconstruction"[tiab]) OR ((reconstructive surgical procedures[Title/Abstract] AND (ACL[Title/Abstract]))) OR (("anterior cruciate ligament reconstruction"[tiab] OR "Anterior Cruciate Ligament/surgery"[Mesh] OR "Anterior Cruciate Ligament surgery"[tiab]) OR ("anterior cruciate ligament reconstruction"[MeSH]))) AND (((((TENS[Title/Abstract] OR "transcutaneous electrical stimulation"[Title/Abstract]) OR ("neuromuscular electrical stimulation"[tiab] OR NMES[tiab])) OR ("Transcutaneous Electric Nerve Stimulation"[Mesh])) OR ("Transcranial Direct Current Stimulation"[Mesh])) OR ("Electric Stimulation Therapy"[MeSH])) OR ("electric stimulation"[MeSH])) | Fecha: 2016-2023 | 76 |
| Cochrane | Avanzada | ((Minimally Invasive Surgical Procedures): ti,ab,kw OR (surgical procedures, operative): ti,ab,kw) AND | Fecha: Enero 2016 | 103 |

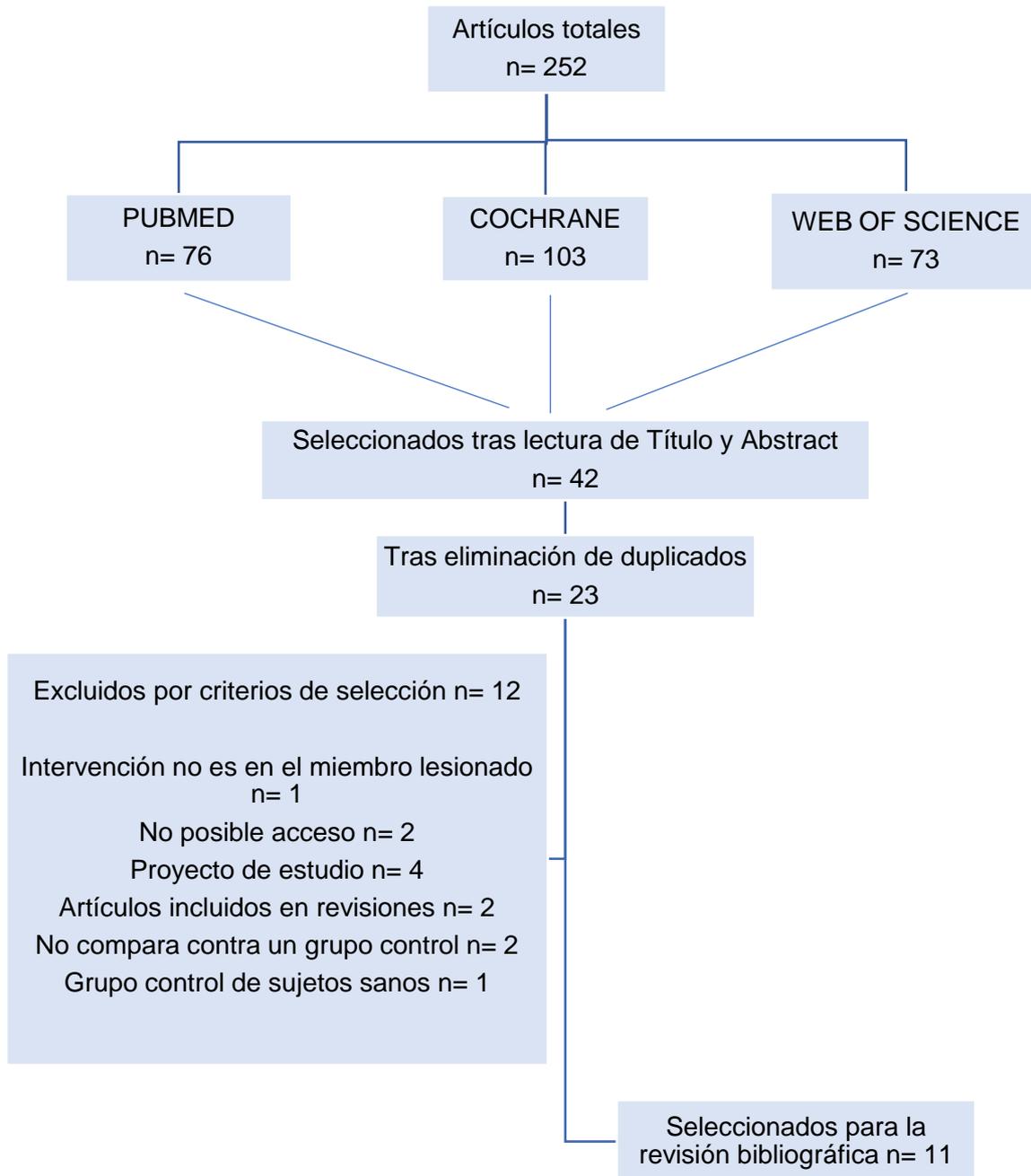
| | | | | |
|----------------|----------|---|----------------------------|----|
| | | (“quadriceps”): ti,ab,kw AND ((ACL reconstruction): ti,ab,kw OR (Anterior Cruciate Ligament surgery): ti,ab,kw) AND ((TENS): ti,ab,kw OR (Transcutaneous Electric Nerve Stimulation): ti,ab,kw OR (NMES): ti,ab,kw OR (Neuromuscular Electrical Stimulation): ti,ab,kw OR (Transcranial Direct Current Stimulation): ti,ab,kw) | – Abril 2023 | |
| Web of Science | Avanzada | (((((ALL= Minimally Invasive Surgical Procedures OR ALL= surgical procedures, operative)) AND (ALL= quadriceps muscle OR ALL= quadriceps)) OR (((ALL= ACL reconstruction) OR ((ALL= reconstructive surgical procedures) AND (ALL=ACL))) OR ((ALL= anterior cruciate ligament reconstruction OR ALL= Anterior Cruciate Ligament/surgery OR ALL= Anterior Cruciate Ligament surgery) OR (ALL= anterior cruciate ligament reconstruction)))) AND ((((((ALL= TENS OR ALL= transcutaneous electrical stimulation) OR (ALL= neuromuscular electrical stimulation OR ALL= NMES)) OR (ALL= Transcutaneous Electric Nerve Stimulation)) OR (ALL= Transcranial Direct Current Stimulation)) OR (ALL= Electric Stimulation Therapy)) OR (ALL= electric stimulation)) | Fecha: Desde el 2016 | 73 |

5.4 GESTIÓN DE LA BIBLIOGRAFÍA LOCALIZADA

Los artículos duplicados en las bases de datos fueron eliminados de manera manual, mientras que, para el manejo de la bibliografía, se utilizó la herramienta Zotero.

5.5 SELECCIÓN DE ARTÍCULOS

En la Figura 1, se representa gráficamente el proceso de selección de artículos utilizados para esta revisión.



5.6 VARIABLES DE ESTUDIO

En los artículos elegidos se han analizado las siguientes variables:

- Tipo de estudio.
- Muestra:
 - Número de participantes.
 - Grupos de estudio.
 - Edad.

- Sexo.
- Tipo de corriente.
 - Parámetros
 - TENS
 - Fase
 - Frecuencia
 - Intensidad
 - NMES
 - Frecuencia
 - Tiempo de trabajo
 - Tiempo de descanso
 - tDCS
 - Tipo de corriente
 - Intensidad
- Intervención:
 - Número de sesiones.
 - Duración.
 - Fase de recuperación en la que se realiza.
 - Momento de la recogida de datos.
- Variables:
 - Fuerza
 - Isocinética
 - Isométrica
 - Simetría de fuerza entre los miembros.
 - Circunferencia de la rodilla/muslo
 - Dolor
 - Equilibrio
 - Funcionalidad
- Formas de medición de las variables.

5.7 NIVELES DE EVIDENCIA

Escala PEDro

Para evaluar la calidad metodológica de forma objetiva de los ensayos clínicos controlados aleatorizados de esta revisión bibliográfica, se utilizó la escala PEDro. Esta escala fue

diseñada para la evaluación de la metodología de este tipo de ensayos clínicos y consta de 11 criterios (31).

Por cada criterio que se cumpla se les asigna un punto. El criterio número 1 (criterios de selección), no se tiene en cuenta en la puntuación final debido a que solo afecta a la validez externa del ensayo clínico. Por lo tanto, cuanto mayor sea la puntuación, mayor será la calidad metodológica y la fiabilidad de los resultados obtenidos. Los artículos que obtienen una puntuación de menos de 4 puntos se consideran de mala calidad; aquellos que obtienen entre 4-5 puntos se consideran de calidad metodológica regular; aquellos con una puntuación entre 6-8 puntos, de una buena o moderada calidad metodológica; y, finalmente, los artículos que obtienen una puntuación de 9-10 se consideran de excelente calidad metodológica (32).

Center for Evidence-Based Medicine, Oxford (OCEBM)

Es una propuesta para valorar la calidad evidencia según el área temática o escenario clínico y el tipo de estudio que involucra al problema clínico en cuestión. Esta clasificación tiene la ventaja de que asegura el conocimiento más relativo a cada escenario, por su alto grado de especialización. También proporciona una explicación sobre cómo la falta de rigurosidad metodológica en el diseño de los estudios afecta negativamente tanto la calidad de la evidencia como la fuerza de las recomendaciones (33). Los resultados se miden mediante una tabla (Anexo) que puntúa la evidencia del 1 al 5, siendo 1 el máximo nivel de evidencia y 5, un nivel de evidencia muy bajo.

6. RESULTADOS

6.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS INTERVENCIONES

En la Tabla 3 se describen las características de las intervenciones de los ensayos clínicos, así como un resumen de las variables y resultados que se desarrollan posteriormente.

| Estudio | Participantes | | Tipo de intervención de electroterapia | Fase de recuperación + Recogida de datos | Variables y resultados |
|---------------------------------|---|---|---|---|--|
| | Muestra | Características | | | |
| Forogh, B., et al. (2019) (29) | 70 pacientes hombres Grupo Control: Ejercicios semi-supervisados Grupo Experimental: Ejercicios semi-supervisados + TENS | Grupo Control: 35 pacientes, 26.31 ± 4.33 años Grupo Experimental: 35 pacientes, 26 ± 4.1 años | TENS: 5 días/semana 4 semanas 35 minutos Duración de pulso 100ms Frecuencia 120 Hz | Fase de recuperación: 0-4 semanas post ACLR Recogida de datos: Tras ACLR 4 semanas post ACLR 14 semanas post ACLR | Dolor: sin diferencias Funcionalidad: sin diferencias |
| Kong, D-H, et al. (2022) (18) | 45 participantes operados de LCA Grupo 1: Protocolo de rehabilitación Grupo 2: Protocolo de rehabilitación + NMES Grupo 3: Protocolo de rehabilitación + BFR | Edad: 28.7 ± 8.2 años (34 hombres: 29.4 ± 8.5 años y 11 mujeres: 26.8 ± 7.3 años) | NMES: 3 días/semana 8 semanas 20 minutos Frecuencia 50 Hz Tiempo de contracción 5s Tiempo de relajación 10s | Fase de recuperación: 4-12 semanas post ACLR Recogida de datos: 1 día pre ACLR 12 semanas post ACLR | Fuerza: + Circunferencia muslo: + Funcionalidad: sin diferencia Equilibrio: sin diferencias |
| Labanca, L., et al. (2017) (34) | 63 pacientes hombres entre 18 y 40 años Grupo 1: Protocolo de | Grupo 1: 17 pacientes 22.0 ± 3.2 años Grupo 2: 17 pacientes | NMES: 5 días/semana 45 días Frecuencia 35 Hz y 50 Hz | Fase de recuperación: Días 15-60 post ACLR Recogida de datos: Fuerza: 60 y 180 días | Fuerza: + Dolor: sin diferencias Circunferencia |

| | | | | | |
|--|--|---|---|--|--|
| | <p>rehabilitación</p> <p>Grupo 2: Ejercicios centrados en el Sit to Stand to Sit test (STSTS) + Protocolo de rehabilitación</p> <p>Grupo 3: NMES + STSTS + Protocolo de rehabilitación</p> | <p>21.1 ± 3.3 años</p> <p>Grupo 3: 16 pacientes 23.2 ± 4.6 años</p> | <p>alternativamente</p> | <p>post ACLR</p> <p>Simetría de carga: 15, 30, 60 y 180 días post ACLR</p> <p>Dolor: 60 y 180 días post ACLR</p> | <p>de la rodilla: +</p> |
| <p>Rush, J.L., et al (2020) (26)</p> | <p>10 pacientes</p> <p>Grupo Control: 1 sesión de Corriente Directa Transcraneal (tDCS) placebo</p> <p>Grupo Experimental: 1 sesión de tDCS</p> | <p>5 hombres y 5 mujeres, Edad 22.9 ± 4.23</p> | <p>tDCS:</p> <p>1 sesión 2mA</p> | <p>Fase de recuperación: -</p> <p>Recogida de datos: Antes y después de la sesión</p> | <p>Fuerza: sin diferencias</p> <p>Dolor: sin diferencias</p> |
| <p>Tohidirad, Z. et al (2023) (35)</p> | <p>32 pacientes</p> <p>Grupo Control: 10 sesiones de tDCS</p> <p>Grupo Experimental: 10 sesiones de tDCS placebo</p> | <p>Grupo Control 16 pacientes</p> <p>Grupo Experimental 16 pacientes</p> | <p>tDCS:</p> <p>10 sesiones 20 minutos 2mA</p> | <p>Fase de recuperación: -</p> <p>Recogida de datos: Día previo a tratamiento Último día de tratamiento 1 mes después del tratamiento</p> | <p>Fuerza: +</p> |
| <p>Toth, M.J., et al (2020) (19)</p> | <p>25 pacientes (12 hombres/ 13 mujeres)</p> <p>Grupo Control: Protocolo de rehabilitación + NMES placebo</p> <p>Grupo Experimental: Protocolo de</p> | <p>Grupo Control: 4 hombres y 5 mujeres. Edad 24 ± 3</p> <p>Grupo Experimental: 5 hombres y 7 mujeres. Edad 25 ± 2.</p> | <p>NMES:</p> <p>5 días/semana 60 minutos 400 picosegundos Frecuencia 50 Hz Tiempo de contracción 10s Tiempo de relajación 30s</p> | <p>Fase de recuperación: 3 semanas post lesión hasta 3 semanas post ACLR</p> <p>Recogida de datos: 1 semana pre ACLR 3 semanas post ACLR 6 meses post ACLR</p> | <p>Fuerza: 3 semanas post ACLR: + 6 meses post ACLR: sin diferencias</p> <p>Funcionalidad: sin diferencias</p> |

| | | | | | |
|-------------------------------|--|--|---|--|---|
| | rehabilitación + NMES | | | | |
| Xiong, J., et al. (2022) (36) | 278 pacientes con ACLR Grupo Control: Prevención Trombosis Venosa Profunda (TVP) 124 pacientes Grupo Experimental: Prevención TVP + NMES 154 pacientes | Grupo Control: 83 hombres y 41 mujeres, edad 31.00 ± 9.18 años Grupo Experimental 104 hombres y 50 mujeres, edad 32.4 ± 8.95 años | NMES: 2 veces/día durante hospitalización 30 minutos | Fase de recuperación: Inmediatamente posterior a la cirugía hasta el final de la hospitalización Recogida de datos: 1 día pre ACLR 4 días post ACLR | Dolor: + Perímetro de la rodilla: + Incidencia TVP post quirúrgica: + |

La Tabla 4 presenta las características de los participantes, además de resumir los resultados de las revisiones sistemáticas incluidas en este estudio.

| Revisión | Participantes | | Resultados |
|--------------------------------|--|--------------------|--|
| | Nº Estudios | Nº Total Pacientes | |
| Andrade, R. et al (2020) (37) | 2 guías prácticas y 1 revisión sistemática | 1782 | Evidencia alta: Para la ganancia de fuerza se recomienda utilizar NMES en las primeras 6-8 semanas post ACLR. Evidencia moderada: Los pacientes que han combinado NMES y ejercicios isométricos en las primeras semanas post ACLR han ganado más fuerza que aquellos que solo realizaron ejercicios. Evidencia moderada: Debido a la ausencia de estandarización de los parámetros de NMES, puede ser utilizada acorde con las preferencias del clínico. |
| Badawy, C.R. et al (2022) (38) | 2 revisiones sistemáticas, 3 revisiones y 2 estudios controlados aleatorizados | 1167 | NMES previene la atrofia muscular, pero en general la fuerza de los pacientes que ha recibido NMES no ha resultado ser superior a aquellos que realizaban solamente ejercicios a medio plazo. Tiene una gran importancia la realización de una contracción activa durante la estimulación eléctrica. NMES es utilizado junto con programas de rehabilitación para promover la activación neural tras ACLR |

| | | | |
|----------------------------------|--|---|--|
| Culvenor, A.G. et al (2022) (39) | 4 Revisiones Sistemáticas | 1877 + 1 revisión que no aporta número de pacientes | Evidencia moderada: Añadir NMES a rehabilitación estándar mejora la fuerza. Baja evidencia: NMES en los primeros 2 meses post-ACLR mejora la funcionalidad física y subjetiva después de la aplicación de NMES. |
| Jenkins, S.M. et al (2022) (40) | 3 revisiones sistemáticas, 3 estudios controlados aleatorizados y 1 guía de práctica clínica | 1380 + 1 revisión que no aporta datos sobre pacientes | NMES Incrementa de una manera efectiva y reduce los déficits de fuerza del cuádriceps. Aplicado a alta intensidad durante el periodo de recuperación combate la atrofia muscular temprana. NMES combinado con ejercicio ha demostrado ser más efectivo que solamente el ejercicio para combatir la atrofia, incrementar la fuerza y la circunferencia del muslo. |

6.2 RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS

En este apartado, se analizarán las diferentes variables de resultados y sus formas de medición en cada uno de los ensayos clínicos y revisiones sistemáticas.

6.2.1 Fuerza

En **Kong, D.-H., et al (2022)** (18) se evaluó la fuerza isocinética con un dinamómetro en el cuádriceps y los isquiotibiales. El pico de fuerza se midió con una velocidad angular de 60°/s, y la fuerza-resistencia realizando 10 veces a una velocidad angular 180°/s. Se demostró un incremento de la fuerza isocinética en el cuádriceps ($p = 0.001$) y los isquiotibiales ($p < 0.001$) en el grupo experimental que recibió NMES. También recibió en el ámbito de la fuerza-resistencia, se concluyó una mejoría tanto en el cuádriceps ($p = 0.001$) como en los isquiotibiales ($p < 0.001$).

Toth, M. J., et al (2020) (19) midió la fuerza con un dinamómetro de la siguiente manera: la fuerza isométrica fue medida a 70° y la isocinética, a 60 y 180 °/s. Mediante una biopsia, también se valoró el tamaño de las fibras musculares y su contractibilidad. Se apreció una reducción de la atrofia muscular a las 3 semanas en el grupo que utilizó NMES con respecto al grupo control y una preservación de la contractibilidad de las fibras musculares lentas, así como un aumento de la velocidad de contracción máxima. No existieron diferencias significativas entre el grupo experimental y el grupo control en lo que a fuerza global se refiere.

Rush, J.L., et al (2020) (26) realizó una electromiografía para valorar el porcentaje de fuerza electromiográfica máxima, además de utilizar un dinamómetro para la fuerza isométrica. Ambos valores, tras una única sesión de tDCS, mostraron una disminución inmediata independientemente del tipo de tDCS (simulada o real) que recibieran.

En **Labanca, L., et al (2017)** (34) los pacientes del grupo al que se añadió NMES al ejercicio STSTS y un protocolo de rehabilitación consistente en, mostraron significativamente una mayor fuerza de extensión de rodilla a 30° y 90° tras 60 y 180 días de la reconstrucción de ligamento cruzado anterior que el grupo control. El mismo grupo también consiguió significativamente mayor fuerza en los flexores de rodilla que el grupo control tras 60 días de la operación. En lo que se refiere a la simetría de fuerza en los miembros inferiores, los pacientes de los 3 grupos mejoraron los datos a los 180 días en comparación a los 60 días; sin embargo, los del grupo NMES mostraron un índice de simetría significativamente más alto en comparación con los otros dos grupos tanto a los 60 como a los 180 días post quirúrgicos. Para llegar a estos resultados, se utilizaron una máquina de extensión de pierna, para medir la fuerza de los extensores de rodilla; y otra de *curl* de pierna, para los flexores de rodilla.

Tohidirad, Z., et al (2023) (35) mediante un aparato de fuerza isocinética llegó a la conclusión de que un mes después de haber recibido 10 sesiones de tDCS hubo una mejoría significativamente mayor tanto en la fuerza flexora como extensora en el grupo experimental con respecto al grupo control ($p < 0.05$).

6.2.2 Circunferencia de la rodilla/muslo

En **Kong, D.-H., et al (2022)** (18) se observó que el grupo que recibió NMES mostró un valor significativamente mayor en comparación con el grupo control después de 12 semanas de rehabilitación a 15cm de la rótula en el fémur.

Xiong, J., et al (2022) (36) concluyó que la aplicación de que NMES tras la operación reduce significativamente el volumen de la rodilla, aminorando la inflamación, con respecto a aquellos pacientes que no lo recibieron ($p < 0.05$). Estas medidas se realizaron 4 días después de la operación en el perímetro de la articulación de la rodilla.

En el estudio de **Labanca, L., et al (2017)** (34) se midieron los perímetros del muslo y la rodilla en ambos miembros inferiores a los 15, 30, 60 y 180 días de la operación. La circunferencia del muslo se midió en el punto medio entre el polo superior de la rótula y la

espina ilíaca anterosuperior. La de la rodilla, en el punto medio de la rótula con la rodilla en completa extensión. La diferencia entre las extremidades del grupo donde se aplicó la NMES fueron significativamente menores ($p < 0.001$) en la circunferencia del muslo en comparación con los pacientes de los grupos sin NMES a los 30, 60 y 180 días postquirúrgicos.

6.2.3 Dolor

Xiong, J., et al (2022) (36) midieron el dolor con una escala EVA el día antes y 4 días después de la operación. Hubo una diferencia significativa entre el grupo control y el grupo experimental, siendo este último el que presentó una puntuación menor en la escala EVA (t -value = -2.76, $p < 0.05$).

En el estudio de **Rush, J. L., et al (2020)** (26), después de una sesión de tDCS, tanto el grupo control como el grupo experimental mostraron un efecto principal significativo relacionado con el tiempo ($p = 0.4$), lo cual resultó en una ligera mejora de los resultados obtenidos previamente a la sesión.

En el artículo de **Forough, B., et al, (2019)** (29) se estudiaron los efectos de añadir TENS a un protocolo de rehabilitación tras reparación de ligamento cruzado anterior durante las 4 semanas posteriores a la operación. Los datos fueron recogidos mediante la escala EVA después de la operación y 4 y 14 semanas posteriores al inicio de la rehabilitación. Ambos grupos mejoraron con el tiempo, sin embargo no existieron diferencias significativas entre el grupo control y el grupo experimental en ninguno de los intervalos de tiempo.

Labanca, L., et al (2017) (34) no concluyó ninguna diferencia significativa entre los grupos tras la aplicación de NMES entre los días 15-60 postcirugía. En este caso se utilizó una escala numérica de 0 (no dolor) a 10 (peor dolor imaginable) y se recogieron los datos mientras se desarrollaba la prueba de fuerza isométrica, a los 60 y a los 180 días posteriores a la operación.

6.2.4 Equilibrio

En el estudio de **Kong, D.-H., et al (2022)** (18) no se demostraron mejorías significativas entre el grupo NMES y el resto de grupo en el *Y-balance test*.

6.2.5 Funcionalidad

Kong, D.-H., et al (2022) (18) concluyó que los cuestionarios subjetivos de funcionalidad mostraron una evolución positiva en sus resultados a lo largo del tiempo en los tres grupos. Además, no se encontraron diferencias significativas entre ellos ni en el cuestionario *Lysholm* (Control, $p = 0.001$; NMES, $p < 0.001$; BFR, $p < 0.001$) ni en el *IKDC* (Control, $p = 0.011$; NMES, $p < 0.001$; BFR, $p < 0.001$).

En el artículo de **Toth, M. J., et al (2020)** (19), no se encontraron diferencias entre los grupos en el cuestionario *IKDC* 6 meses después de la cirugía.

Forogh, B., et al (2019) (29) mostraron que no existieron diferencias significativas en el cuestionario *IKDC* entre los grupos en cada uno de los intervalos de tiempo del tratamiento

6.2.6 Calidad metodológica

En la Tabla 5 hay un total de 7 ensayos clínicos controlados aleatorizados con una media de 7,14 puntos en la escala PEDro, siendo este resultado sinónimo de una calidad metodológica buena o moderada. Hay dos estudios (18)(29) que difieren de tener una calidad buena o moderada. En el primero de ellos presenta una calidad metodológica regular, en contrapartida del segundo artículo que, con una puntuación de 9/10, se sitúa con una calidad excelente.

| Estudio | Criterios de selección | Asignación aleatoria | Asignación oculta | Comparabilidad de grupos | Sujetos cegados | Terapeutas cegados | Evaluadores cegados |
|---------------------------------|------------------------|----------------------|-------------------|--------------------------|-----------------|--------------------|---------------------|
| Forogh, B., et al (2019) (29) | SI | SI | SI | SI | SI | SI | NO |
| Kong, D.-H., et al (2022) (18) | SI | NO | NO | SI | NO | NO | NO |
| Labanca, L., et al (2017) (34) | SI | SI | NO | SI | SI | NO | SI |
| Rush, J. L., et al (2020) (26) | SI | SI | NO | SI | SI | NO | NO |
| Tohidrad, Z., et al (2023) (35) | SI | SI | NO | SI | SI | NO | NO |
| Toth, M. J., et al (2020) | SI | SI | NO | SI | SI | SI | NO |

Eficacia de la electroterapia en pacientes con reconstrucción quirúrgica del ligamento cruzado anterior: una revisión bibliográfica.

| | | | | | | | |
|------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|
| (19) | | | | | | | |
| Xiong, J., et al (2022) (36) | SI | SI | NO | SI | NO | NO | NO |

| Estudio | Seguimiento adecuado | Análisis por intención de tratar | Comparación grupos | Medidas de variabilidad | Total |
|---------------------------------|----------------------|----------------------------------|--------------------|-------------------------|-------|
| Forogh, B., et al (2019) (29) | SI | SI | SI | SI | 9/10 |
| Kong, D.-H., et al (2022) (18) | SI | SI | SI | SI | 5/10 |
| Labanca, L., et al (2017) (34) | SI | SI | SI | SI | 8/10 |
| Rush, J. L., et al (2020) (26) | SI | SI | SI | SI | 7/10 |
| Tohidrad, Z., et al (2023) (35) | SI | SI | SI | SI | 7/10 |
| Toth, M. J., et al (2020) (19) | SI | SI | SI | SI | 8/10 |
| Xiong, J., et al (2022) (36) | SI | SI | SI | SI | 6/10 |

7. DISCUSIÓN

Con los resultados obtenidos en esta revisión podemos afirmar que la aplicación de electroterapia más empleada para la rehabilitación de personas con cirugía del LCA ha sido la corriente tipo NMES. La corriente tipo NMES ejerce, fundamentalmente, un efecto positivo frente a un grupo control sin electroterapia en términos de fuerza.

7.1 FUERZA

De los 7 estudios controlados aleatorizados, 5 de ellos recogieron datos sobre la fuerza, siendo la variable más estudiada (18, 19, 34, 26, 35, 19). Estos 5 estudios se podrían subdividir en 3 artículos que utilizaron NMES (18, 19, 34) y 2 estudios que aplicaron tDCS (26, 35). Se observó una mejora significativa en esta variable tanto en la flexión como en la extensión de rodilla, así como de manera isométrica, en 4 de los estudios previamente mencionados (18, 19, 34, 35,). De estos estudios, 3 de ellos (19, 34, 35) presentaron una calidad metodológica buena o moderada, mientras que 1 (18) mostró una calidad metodológica regular, con una media (global de los 5 estudios) de 7 en la escala PEDro.

En todos ellos, el grupo experimental, aparte de recibir electroterapia, también realizaba el mismo protocolo de rehabilitación que hacía el grupo control. Estos resultados coinciden con los de las revisiones sistemáticas de **Andrade, R. et al (2020)** (37), **Culvenor, A. G., et al (2022)** (39) y **Jenkins, S. M., et al (2022)** (40) que también hablan de que la NMES combinada con ejercicio mejora la fuerza en comparación con los grupos que solamente realizan ejercicio.

La última de estas revisiones (40), así como la revisión de **Badawy, C. R., et al (2022)** (38) comentan que la NMES, sumada al ejercicio, combate la atrofia muscular. **Toth, M. J., et al (2020)** (19) ya habían demostrado esta vía de acción en su ensayo clínico, observando una reducción a las 3 semanas posteriores a la cirugía.

Se ha demostrado que la NMES de alta frecuencia puede ejercer su efecto protector sobre la atrofia muscular por desuso predominantemente a través del reclutamiento de fibras musculares tipo II, a las cuales es atribuida esta pérdida de masa muscular (41). También se sugiere que la NMES puede ayudar a preservar la masa muscular durante el desuso al prevenir el aumento de la degradación de proteínas musculares que se da en estos casos (41).

El estudio de **Labanca, L., et al (2017)** (34) es el único que mide la simetría de fuerza entre el miembro lesionado y el miembro sano. Tanto el grupo control como los grupos experimentales sufrieron una mejoría; sin embargo, en el grupo que recibió NMES, los pacientes mostraron un índice de simetría significativamente mayor. Es importante destacar que estos pacientes lograron un índice de simetría de casi el 100% a los 6 meses, mientras que los otros dos grupos presentaron un índice de simetría inferior al 85%, que es el límite recomendado por estudios anteriores para retomar la actividad deportiva (42). Los resultados pueden ser explicados debido a que los ejercicios de fortalecimiento por sí solos en las primeras semanas después de la cirugía no generan un estímulo de entrenamiento efectivo para el cuádriceps. El cuádriceps sufre una inhibición artrogénica muscular tras la operación, lo que provoca que no se pueda activar completamente voluntariamente; además de que por la propia operación no se pueden aplicar altas cargas a la articulación. Estos dos factores provocan un desuso que, según los principios fisiológicos y neuromusculares, ocasiona una atrofia muscular, lo cual conlleva a una pérdida progresiva de la función muscular debido a alteraciones moleculares (43).

En lo que se refiere a los parámetros, los 3 artículos que utilizaron la NMES (18, 19, 34) coinciden en la frecuencia utilizada (50 Hz), pero, en el resto de los parámetros relacionados con el programa de aplicación de NMES, difieren entre sí. Existe una ausencia de estandarización en los parámetros de la NMES para el tratamiento de esta lesión, como confirma la revisión de **Andrade, R., et al (2020)** (37).

En los estudios de tDCS (26, 35), existe una gran diferencia, y esa diferencia radica en la cantidad de sesiones a las que los pacientes son sometidos. En el estudio de **Rush, J. L., et al (2020)** (26) solamente se aplica una sesión de tDCS en la que recogen los datos antes y después de la sesión sin mostrar ninguna diferencia entre los grupos. En contraposición, **Tohidirad, Z., et al (2023)** (35) realizan 10 sesiones en las cuales se obtuvo una mejora significativa. Sin embargo, en una revisión sistemática del año 2021 (44) no se encontró evidencia de que la duración de las sesiones, la intensidad o la densidad de la corriente estén relacionados con la mejoría de los pacientes, por lo que hacen falta más estudios en este ámbito para poder aclarar estos aspectos.

7.2 CIRCUNFERENCIA DE LA RODILLA/MUSLO

En 3 estudios (18, 34, 36) se mide la circunferencia de la rodilla/muslo. Los 3 estudios utilizan la NMES como terapia y todos ellos presentan unos resultados positivos en cuanto a esta variable.

Kong, D.-H., et al (2022) (18) y **Labanca, L., et al (2017)** (34) midieron la circunferencia del muslo tras realizar la terapia de NMES y un protocolo de rehabilitación de semanas de duración. Como resultado, los pacientes del grupo experimental mostraron un aumento de la circunferencia del muslo significativamente mayor que los del grupo control. Este aumento de la circunferencia del muslo está relacionado con el aumento de fuerza muscular que manifestaron los grupos que recibieron la NMES y, por lo tanto, un aumento del perímetro del cuádriceps. Estos resultados concuerdan con la revisión sistemática de **Jenkins, S. M., et al (2022)** (40) en la que se concluye que la NMES combinada con ejercicio ha demostrado ser más efectivo que solamente el ejercicio para incrementar la circunferencia del muslo.

No obstante, en el estudio de **Xiong, J., et al (2022)** (36), se realizó la medición de la circunferencia de la rodilla, centrándose más en la inflamación provocada por la reconstrucción quirúrgica que en la posterior ganancia de fuerza. Debido a esto, tanto la medición como la recogida de los resultados se hizo mientras duró la hospitalización, más concretamente 4 días, durante los cuales se aplicó NMES. El grupo que recibió NMES mostró mediciones significativamente menores en comparación con el grupo control, siendo esto el resultado de una inflamación menor.

El mecanismo de contracción rítmica de los músculos de las extremidades inferiores podría estar detrás de la reducción de esta hinchazón posterior a la cirugía, gracias a la emisión de impulsos eléctricos regulares de los nervios de los miembros inferiores que podrían aumentar la función de bombeo y mejorar el estado circulatorio del sistema venoso y linfático (45).

7.3 DOLOR

Esta variable se analiza en 4 estudios (26, 29, 34, 36), si bien, 3 de ellos no presentan ningún tipo de diferencia entre el grupo control y el grupo que recibía electroterapia en lo que respecta al dolor. La media de calidad metodológica de estos 4 estudios es de 7,5 en la escala PEDro. En estos estudios se distribuyen los tipos de corriente de la siguiente manera:

1 artículo de TENS (29), 2 de NMES (34, 36) y 1 de tDCS (26).

Xiong, J., et al (2022) (36), es el único de los estudios en el que el dolor de los pacientes mejora tras la aplicación de electroterapia, más en concreto de NMES. La diferencia principal entre los otros 3 estudios es el momento de la aplicación de la electroterapia y la recogida de los datos. Mientras que, en los otros estudios, la electroterapia se aplica una vez es posible la realización de los protocolos de rehabilitación, en este estudio la aplicación de la NMES es llevada a cabo durante la hospitalización, al igual que la recogida de los datos.

La aplicación de NMES inmediatamente posterior a la cirugía y durante la hospitalización puede hacer que, como ya se mencionó anteriormente, se produzca una mejoría en el estasis venoso y linfático reduciendo la inflamación (45). Además, este proceso también puede provocar la expulsión de los mediadores inflamatorios locales y reduce la reacción inflamatoria local y el dolor postquirúrgico (46).

7.4 EQUILIBRIO

Solamente en el estudio de **Kong, D.-H., et al (2022)** (18) fue analizado el equilibrio mediante el *Y-balance test*, en el cual no se obtuvieron diferencias significativas entre el grupo que recibió NMES y el grupo control.

El *Y-balance test* se correlaciona con los extensores de rodilla y el pico de fuerza de los flexores de rodilla; y existen estudios en los que se muestra que la fuerza de cuádriceps se restaura después de unas 12 semanas aproximadamente siguiendo un protocolo de rehabilitación adecuado para cada persona (47). Estos tiempos coinciden la recogida de datos del estudio de Kong, D.-H., et al (2022), por lo que se podría explicar la falta de diferencias entre el grupo que recibió NMES y el grupo control. Esto se debe a que la fuerza muscular podría haberse reestablecido en el momento de la recopilación de los datos. Otro factor que puede influir es la falta de propiocepción que se produce tras una lesión de ligamento cruzado anterior. Como en ambos grupos se ha aplicado el mismo protocolo de rehabilitación dirigido a este déficit, es posible que la afectación sea similar en ambos grupos (48).

7.5 FUNCIONALIDAD

La funcionalidad de la articulación de la rodilla se evaluó en 3 estudios (18, 19, 29). En 2 de esos trabajos (18, 19), se aplicó NMES a los pacientes, mientras que en el otro (29) se utilizó TENS. En ninguno de ellos se encontraron diferencias significativas entre los grupos que recibieron electroterapia y los grupos control. La media de calidad metodológica de estos 3 artículos es de 7,33 en la escala PEDro.

La revisión de **Culvenor, A. G., et al (2022)** (39) difiere de los resultados de estos ensayos clínicos, ya que indica que la NMES en los primeros 2 meses después de la cirugía mejora la funcionalidad física y subjetiva. Sin embargo, esta conclusión se realiza bajo la etiqueta de “Baja evidencia”. Esta diferencia se debe a dos razones. En el artículo de **Forogh, B., et al (2019)** (29), se utiliza terapia de TENS convencional, que tiene como objetivo principal la reducción del dolor. Además, los artículos de **Kong, D.-H., et al (2022)** (18) y **Toth, M. J., et al (2020)** (19) recopilan los datos de funcionalidad posteriormente a los 2 meses. En el primero de ellos, los datos se recopilan a las 12 semanas, y en el segundo, a los 6 meses, lo que indica que la NMES puede tener un menor efecto que en los 2 primeros meses, como se comenta en la revisión sistemática previamente mencionada.

8. CONCLUSIONES

La electroterapia dirigida a la rehabilitación de personas con reconstrucción del LCA obtiene, fundamentalmente, un efecto positivo frente a un grupo control sin electroterapia en términos de fuerza.

- La NMES es el tipo de estimulación más empleado de entre los analizados para la rehabilitación de personas con reconstrucción del LCA.
- Las variables más comúnmente analizadas responden a la fuerza, seguida del dolor, la funcionalidad y, por último, con un solo ECA que lo analiza, el equilibrio.
- La NMES combinada con ejercicio ha demostrado ser más efectiva tanto en la fuerza como en la circunferencia de la rodilla/muslo que el ejercicio solo, con una recomendación de nivel 1 según la OCEBM.
- No se aprecian diferencias ni en dolor ni en funcionalidad en pacientes a los que se aplica estimulación eléctrica con respecto a los que no la reciben una vez se inicia el protocolo de rehabilitación de ejercicios, con un nivel de evidencia 3 según la escala OCBS.
- La aplicación temprana parece ser un factor determinante en la eficacia de la estimulación, al menos con la tipo NMES. La NMES ha demostrado ser beneficiosa si se aplica en fases tempranas de la recuperación para prevenir la atrofia muscular (nivel de evidencia 4), el dolor (nivel de evidencia 3) y la funcionalidad (nivel de evidencia 2).
- En los ensayos que aplicaron la terapia NMES de forma beneficiosa utilizaron una frecuencia de más de 50 Hz. De todas formas, no se puede confirmar que existen unos parámetros únicos en los que se logran los beneficios deseados, ya que sería necesario realizar estudios entre los que se comparan diferentes parámetros y saber con cuál se lograría un mejor resultado (nivel de evidencia 3).
- La tDCS parece mostrar un mayor beneficio aplicada durante más de una sesión en pacientes con reconstrucción de LCA. Sin embargo, debido a que solo se ha encontrado un ECA con una sola sesión y resultado negativo, y otro ECA con varias sesiones y resultado positivo, la evidencia es insuficiente para afirmarlo de manera concluyente (nivel de evidencia 5).

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Hernández, G., L. Fernández Hortigüela, Juan Pablo Gutiérrez, & Forriol, F. (2011). *Protocolo cinético en la rotura del ligamento cruzado anterior*. 55(1), 9–18. <https://doi.org/10.1016/j.recot.2010.09.003>
2. Stanley, L. E. (2013). *Sex Differences in the Incidence of Anterior Cruciate Ligament, Medial Collateral Ligament, and Meniscal Injuries in Collegiate and High School Sports: 2009-2010 Through 2013-2014* - Laura E. Stanley, Zachary Y. Kerr, Thomas P. Dompier, Darin A. Padua, 2016. The American Journal of Sports Medicine. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0363546516630927>
3. Beynnon, B. D. (2014). *The Effects of Level of Competition, Sport, and Sex on the Incidence of First-Time Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury* - Bruce D. Beynnon, Pamela M. Vacek, Maira K. Newell, Timothy W. Tourville, Helen C. Smith, Sandra J. Shultz, James R. Slauterbeck, Robert J. Johnson, 2014. The American Journal of Sports Medicine. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0363546514540862>
4. Markatos, K., Kaseta, M. K., Lallos, S. N., Korres, D. S., & Nikolaos Efstathopoulos. (2013). *The anatomy of the ACL and its importance in ACL reconstruction*. 23(7), 747–752. <https://doi.org/10.1007/s00590-012-1079-8>
5. Toan Trong Tran, & Quoc Trung Tran. (2018). *A cadaveric study on the anatomy of anterior cruciate ligament in Vietnamese adults*. 14, 22–25. <https://doi.org/10.1016/j.asmart.2018.05.001>
6. Tashman, S., Kopf, S., & Fu, F. H. (2008). *The Kinematic Basis of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction*. 16(3), 116–118. <https://doi.org/10.1053/j.otism.2008.10.005>
7. Fund, T. (2008). *Introducción El Ligamento cruzado anterior: morfología y función* *The anterior cruciate ligament: Morphology and function*. 19, 7–18. <https://documentacion.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/es/media/group.do?path=1112005>
8. Acevedo, R. A., Rivera-Vega, A., Miranda, G., & Micheo, W. (2014). *Anterior Cruciate Ligament Injury*. 13(3), 186–191. <https://doi.org/10.1249/jsr.0000000000000053>
9. Hewett, T. E. (2016). *Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Athletes: Part 1, Mechanisms and Risk Factors* - Timothy E. Hewett, Gregory D. Myer, Kevin R. Ford, 2006. The American Journal of Sports Medicine. https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0363546505284183?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.org&rfr_dat=cr_pub++0pubmed

10. Autónoma De Madrid, U., Ramos Álvarez, E., López-Silvarrey, J., Segovia Martínez, F., Melen, M., Legido Arce, H., Rehabilitación, J., Paciente, D., Lesión, C., Cruzado, D., De, A., Rodilla, L., & Revisión. (2008). *Journal of Medicine and Science of Physical Activity and Sport*, 8, 62–92.
<https://www.redalyc.org/pdf/542/54222978004.pdf>
11. Filbay, S. R., & Hege Grindem. (2019). *Evidence-based recommendations for the management of anterior cruciate ligament (ACL) rupture*. 33(1), 33–47.
<https://doi.org/10.1016/j.berh.2019.01.018>
12. Benjaminse, A., Alli Gokeler, & van. (2006). *Clinical Diagnosis of an Anterior Cruciate Ligament Rupture: A Meta-analysis*. 36(5), 267–288.
<https://doi.org/10.2519/jospt.2006.2011>
13. Mahapatra, P., Saman Horriat, & Anand B. (2018). *Anterior cruciate ligament repair – past, present and future*. 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40634-018-0136-6>
14. Wu, J., Kator, J., Zarro, M. A., & Leong, N. L. (2021). *Rehabilitation Principles to Consider for Anterior Cruciate Ligament Repair*. 194173812110329-194173812110329. <https://doi.org/10.1177/19417381211032949>
15. Maffiuletti, N. A. (2010). *Physiological and methodological considerations for the use of neuromuscular electrical stimulation*. 110(2), 223–234.
<https://doi.org/10.1007/s00421-010-1502-y>
16. Vogt Hauger, A., Reiman, M. P., Bjordal, J.M., Sheets, C. A., Ledbetter, L., & Goode, A. P. (2017). *Neuromuscular electrical stimulation is effective in strengthening the quadriceps muscle after anterior cruciate ligament surgery*. 26(2), 399–410.
<https://doi.org/10.1007/s00167-017-4669-5>
17. Maurice J.H. Sillen, Frits M.E. Franssen, Gosker, H. R., Emiel F.M. Wouters, & Spruit, M. A. (2013). *Metabolic and Structural Changes in Lower-Limb Skeletal Muscle Following Neuromuscular Electrical Stimulation: A Systematic Review*. 8(9), e69391–e69391. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069391>
18. Kong, D.-H., Jung, W.-S., Yang, S.-J., Kim, J.-G., Park, H.-Y., & Kim, J. (2022). *Effects of Neuromuscular Electrical Stimulation and Blood Flow Restriction in Rehabilitation after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22), 15041–15041.
<https://doi.org/10.3390/ijerph192215041>
19. Toth, M. J., Tourville, T. W., Voigt, T. B., Choquette, R. H., Anair, B. M., Falcone, M., Failla, M., Stevens-Laplaey, J. E., Endres, N. K., Slauterbeck, J. R., & Beynon, B. D. (2020). *Utility of Neuromuscular Electrical Stimulation to Preserve Quadriceps*

- Muscle Fiber Size and Contractility After Anterior Cruciate Ligament Injuries and Reconstruction: A Randomized, Sham-Controlled, Blinded Trial. *American Journal of Sports Medicine*, 48(10), 2429–2437. <https://doi.org/10.1177/0363546520933622>
20. Biesecker, L. G., Wand, B. M., Meads, C., Catley, M. J., & O'Connell, N. (2019). *Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for chronic pain - an overview of Cochrane Reviews*. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd011890.pub2>
21. Liane, A.M. Josué, Maia, P. H. B., Câmara, A. E., & Jamilson Simões Brasileiro. (2015). *Effect of burst TENS and conventional TENS combined with cryotherapy on pressure pain threshold: randomised, controlled, clinical trial*. 101(2), 155–160. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2014.07.004>
22. Behm, D. G., Colwell, E. M., Gerard M.J. Power, Ahmadi, H., Behm, A. S. M., Bishop, A. R., Murph, C., Pike, J., B McAssey, Fraser, K., Kearley, S., & Ryan, M. J. (2019). *Transcutaneous electrical nerve stimulation improves fatigue performance of the treated and contralateral knee extensors*. 119(11-12), 2745–2755. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04253->
23. Alice Y.M. Jones, & Shirley P.C. Ngai. (2014). *Acu-TENS lowers blood lactate levels and enhances heart rate recovery after exercise*. 1(1), 73–80. <https://doi.org/10.1016/j.jtcms.2014.11.006>
24. Zhu Zhiqiang, Wei, W., Tang Yunqi, & Yu, L. (2023). *Effects of Bilateral Extracranial Transcranial Direct Current Stimulation on Lower Limb Kinetics in Countermovement Jumps*. 20(3), 2241–2241. <https://doi.org/10.3390/ijerph20032241>
25. Solomons, C. D., & Vivekanandan Shanmugasundaram. (2020). *Transcranial direct current stimulation: A review of electrode characteristics and materials*. 85, 63–74. <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2020.09.015>
26. Rush, J. L., Lepley, L. K., Davi, S. M., & Lepley, A. S. (2020). *The Immediate Effects of Transcranial Direct Current Stimulation on Quadriceps Muscle Function in Individuals With a History of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Preliminary Investigation*. 29(8), 1121–1130. <https://doi.org/10.1123/jsr.2019-0179>
27. Briggs, K. K. (2016). *Lysholm Score and Tegner Activity Level in Individuals with Normal Knees - Karen K. Briggs, J. Richard Steadman, Connor J. Hay, Sophia L. Hines, 2009*. *The American Journal of Sports Medicine*. https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0363546508330149?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.org&rfr_dat=cr_pub++0pubmed
28. Collins, N. J., Misra, D., Felson, D. T., Crossley, K. M., & Roos, E. M. (2011). *Measures of knee function: International Knee Documentation Committee*

(IKDC) Subjective Knee Evaluation Form, Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS), Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Physical Function Short Form (KOOS-PS), *Knee Ou.* 63(S11), S208–S228.

<https://doi.org/10.1002/acr.20632>

29. Forogh, B., Aslanpour, H., Fallah, E., Babaei-Ghazani, A., & Ebadi, S. (2019). Adding high-frequency transcutaneous electrical nerve stimulation to the first phase of post anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation does not improve pain and function in Young male athletes more than exercise alone: a randomized single-blind clinical trial. *Disability and Rehabilitation*, 41(5), 514-522.
<https://doi.org/10.1080/09638288.2017.1399294>
30. Younger, J., McCue, R., & Mackey, S. (2009). *Pain outcomes: A brief review of instruments and techniques.* 13(1), 39–43. <https://doi.org/10.1007/s11916-009-0009-x>
31. Albanese, E., Lukas Bütikofer, Armijo-Olivo, S., Ha, C., & Egger, M. (2020). *Construct validity of the Physiotherapy Evidence Database (PEDro) quality scale for randomized trials: Item response theory and factor analyses.* 11(2), 227–236.
<https://doi.org/10.1002/jrsm.1385>
32. De Morton, N.A. (2009). *The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study.* 55(2), 129–133.
[https://doi.org/10.1016/s0004-9514\(09\)70043-1](https://doi.org/10.1016/s0004-9514(09)70043-1)
33. Manterola, C., & Simian, D. (2009). Cómo interpretar los "Niveles de Evidencia" en los diferentes escenarios clínicos. *Revista Chilena de Cirugía*, 61(6).
<https://doi.org/10.4067/s0718-40262009000600017>
34. Labanca, L., Rocchi, J., Laudani, L., R. Guitaldi, Alessandro Virgulti, Pier Paolo Mariani, & Fabio Pigozzi. (2017). Neuromuscular Electrical Stimulation Superimposed on Movement Early after ACL Surgery. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 50(3), 407–416. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000001462>
35. Tohidirad, Z., Ehsani, F., Bagheri, R., & Jaberzadeh, S. (2023). Priming Effects of Anodal Transcranial Direct Current Stimulation on the Effects of Conventional Physiotherapy on Balance and Muscle Performance in Athletes With Anterior Cruciate Ligament Injury. *Journal of Sport Rehabilitation*, 1–10.
<https://doi.org/10.1123/jsr.2022-0188>
36. Xiong, J., Zhang, Q., & Li, Y. (2022). Clinical Study of Neuromuscular Electrical Stimulation in the Prevention of Deep Venous Thrombosis of Lower Extremities after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Journal of Healthcare Engineering*, 2022, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2022/7857272>

37. Andrade, R., Pereira, R., Robert van Cingel, J. Bart Staal, & João Espregueira-Mendes. (2020). How should clinicians rehabilitate patients after ACL reconstruction? A systematic review of clinical practice guidelines (CPGs) with a focus on quality appraisal (AGREE II). *British Journal of Sports Medicine*, 54(9), 512–519. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-100310>
38. Badawy, C. R., Jan, K., Beck, E. C., Fleet, N., Taylor, J. B., Ford, K. R., & Waterman, B. R. (2022). Contemporary Principles for Postoperative Rehabilitation and Return to Sport for Athletes Undergoing Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthroscopy, Sports Medicine, and Rehabilitation*, 4(1), e103–e113. <https://doi.org/10.1016/j.asmr.2021.11.002>
39. Culvenor, A. G., Girdwood, M., Carsten Bogh Juhl, Patterson, B. E., M. Haberfield, Pætur Mikal Holm, Bricca, A., Whittaker, J. L., Roos, E. M., & Crossley, K. M. (2022). Rehabilitation after anterior cruciate ligament and meniscal injuries: a best-evidence synthesis of systematic reviews for the OPTIKNEE consensus. *British Journal of Sports Medicine*, 56(24), 1445–1453. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2022-105495>
40. Jenkins, S. M., Guzman, A. J., Gardner, B., Bryant, S., Rayos, S., McGahan, P. J., & James Ming Chen. (2022). Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Injury: Review of Current Literature and Recommendations. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 15(3), 170–179. <https://doi.org/10.1007/s12178-022-09752-9>
41. Dirks, M. L., Wall, B. T., Snijders, T., C. L. P. Ottenbros, Verdijk, L. B., & Loon, van. (2014). *Neuromuscular electrical stimulation prevents muscle disuse atrophy during leg immobilization in humans*. 210(3), 628–641. <https://doi.org/10.1111/apha.12200>
42. Myer, G. D., Paterno, M. V., Ford, K. R., Quatman, C. E., & Hewett, T. E. (2006). *Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Criteria-Based Progression Through the Return-to-Sport Phase*. 36(6), 385–402. <https://doi.org/10.2519/jospt.2006.2222>
43. Jackman, R. W., & Kandarian, S. C. (2004). The molecular basis of skeletal muscle atrophy. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 287(4), C834–C843. <https://doi.org/10.1152/ajpcell.00579.2003>
44. Chinzara, T., Buckingham, G., & Harris, D. (2021). *Transcranial direct current stimulation and sporting performance: A systematic review and meta-analysis of transcranial direct current stimulation effects on physical endurance, muscular strength and visuomotor skills*. 55(2), 468–486. <https://doi.org/10.1111/ejn.15540>

45. Summers, J., Clinch, J., Radhakrishnan, M., Healy, A., McMillan, V., Morris, E. A., Rua, T., Ofuya, M., Wang, Y., Dimmock, P. W., Lewis, C., Peacock, J. L., & Keevil, S. F. (2014). *The geko™ Electro-Stimulation Device for Venous Thromboembolism Prophylaxis: A NICE Medical Technology Guidance*. 13(2), 135–147.
<https://doi.org/10.1007/s40258-014-0139-0>
46. Tucker, A., Maass, A. H., Bain, D., Chen, L., Azzam, M., Dawson, H., & Johnston, A. (2010). *Augmentation of venous, arterial and microvascular blood supply in the leg by isometric neuromuscular stimulation via the peroneal nerve*. 19(01), e31–e37.
<https://doi.org/10.1055/s-0031-1278361>
47. Hallagin, C., Garrison, J. C., Creed, K., Bothwell, J. M., Goto, S., & Hannon, J. (2017). The relationship between pre-operative and twelve-week post-operative Y-balance and quadriceps strength in athletes with an anterior cruciate ligament tear. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 12(6), 986–993.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5675374/>
48. Arumugam, A., Björklund, M., Sanna Mikko, & Häger, C. K. (2021). *Effects of neuromuscular training on knee proprioception in individuals with anterior cruciate ligament injury: a systematic review and GRADE evidence synthesis*. 11(5), e049226–e049226. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-049226>

10. ANEXOS

Anexo 1. Oxford Centre of Evidence-Based Medicine (OCEBM)

Oxford Centre for Evidence-Based Medicine 2011 Levels of Evidence

| Question | Step 1 (Level 1*) | Step 2 (Level 2*) | Step 3 (Level 3*) | Step 4 (Level 4*) | Step 5 (Level 5) |
|---|---|--|---|--|---------------------------|
| How common is the problem? | Local and current random sample surveys (or censuses) | Systematic review of surveys that allow matching to local circumstances** | Local non-random sample** | Case-series** | n/a |
| Is this diagnostic or monitoring test accurate? (Diagnosis) | Systematic review of cross sectional studies with consistently applied reference standard and blinding | Individual cross sectional studies with consistently applied reference standard and blinding | Non-consecutive studies, or studies without consistently applied reference standards** | Case-control studies, or "poor or non-independent reference standard** | Mechanism-based reasoning |
| What will happen if we do not add a therapy? (Prognosis) | Systematic review of inception cohort studies | Inception cohort studies | Cohort study or control arm of randomized trial* | Case-series or case-control studies, or poor quality prognostic cohort study** | n/a |
| Does this intervention help? (Treatment Benefits) | Systematic review of randomized trials or <i>n</i> -of-1 trials | Randomized trial or observational study with dramatic effect | Non-randomized controlled cohort/follow-up study** | Case-series, case-control studies, or historically controlled studies** | Mechanism-based reasoning |
| What are the COMMON harms? (Treatment Harms) | Systematic review of randomized trials, systematic review of nested case-control studies, <i>n</i> -of-1 trial with the patient you are raising the question about, or observational study with dramatic effect | Individual randomized trial or (exceptionally) observational study with dramatic effect | Non-randomized controlled cohort/follow-up study (post-marketing surveillance) provided there are sufficient numbers to rule out a common harm. (For long-term harms the duration of follow-up must be sufficient.)** | Case-series, case-control, or historically controlled studies** | Mechanism-based reasoning |
| What are the RARE harms? (Treatment Harms) | Systematic review of randomized trials or <i>n</i> -of-1 trial | Randomized trial or (exceptionally) observational study with dramatic effect | | | |
| Is this (early detection) test worthwhile? (Screening) | Systematic review of randomized trials | Randomized trial | Non-randomized controlled cohort/follow-up study** | Case-series, case-control, or historically controlled studies** | Mechanism-based reasoning |