

TRABAJO FIN DE MÁSTER



**Escuela Universitaria
Real Madrid**
UNIVERSIDAD EUROPEA

Máster Universitario en Fisioterapia Deportiva

Escuela Universitaria Real Madrid – Universidad Europea

Efecto de un entrenamiento de fuerza con electroestimulación neuromuscular en deportistas con cirugía en ligamento cruzado anterior: Una revisión sistemática

Autor:

D/. Maria Alejandra Fonseca Sierra

N.º expediente: 22328232

Director:

Dr. Francisco Volpe

Villaviciosa de Odón, 1 de junio de 2024



**Escuela Universitaria
Real Madrid**
UNIVERSIDAD EUROPEA

AUTORIZACIÓN PRESENTACIÓN DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

DATOS DE LOS ALUMNOS	
Apellidos: Fonseca Sierra	Nombre: Maria Alejandra
Máster Universitario en Fisioterapia deportiva	
Título del trabajo: Efecto de un entrenamiento de fuerza con electroestimulación neuromuscular en deportistas con cirugía en ligamento cruzado anterior: Una revisión sistemática	

El Dr. Francisco Volpe como Tutor del trabajo reseñado arriba, certifico que el trabajo cumple con las normas establecidas en la asignatura Metodología de la Investigación, concuerda con el contenido que ha sido tutelado durante el curso e incluye los resultados de la fase experimental con su correspondiente discusión acorde al método científico.

Con esto apruebo su presentación y defensa ante el Tribunal.

En Villaviciosa de Odón, a 1 de junio de 2024

Fdo.: _____

Agradecimientos

Este proceso no hubiera sido posible sin el apoyo y respaldo de las siguientes personas, por lo cual estoy muy agradecida, principalmente con mi tutor del TFM el **Dr. Francisco Volpe** por su labor, realmente fue muy amable y de gran ayuda para mí en todo este proceso, no hubiera recorrido todo ese camino de no ser por la guía intelectual de mi tutor así como al resto de profesores del master por compartir sus conocimientos; con mi **madre** que ha hecho posible todo lo que he conseguido, por haberme brindado la oportunidad de estudiar con la tranquilidad de saber que cuento con su respaldo, quien con su cariño me ha impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades; con mi **hermana** que siempre me ha apoyado, quien ha estado presente en buenos y malos momentos; con mi **abuela** por estar siempre pendiente de mí, por estar siempre en los momentos importantes de mi vida, a mi familia y mis amistades más cercanas por su ánimo y apoyo. A todos los mencionados, que de un modo u otro han contribuido a que este proceso sea una realidad, mis más sinceros agradecimientos.

ÍNDICE

RESUMEN	7
ABSTRACT	9
INTRODUCCIÓN	11
METODOLOGÍA	16
RESULTADOS	19
DISCUSIÓN.....	29
CONCLUSIONES.....	31
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
ANEXOS	38

ABREVIATURAS

- (ECA) ENSAYOS CLÍNICOS ALEATORIZADOS
- (EENM) ELECTROESTIMULACIÓN NEUROMUSCULAR
- (LCA) LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR
- (NTA) NINGÚN TRATAMIENTO ADICIONAL
- (SLS) SENTARSE, LEVANTARSE Y SENTARSE

INDICE DE FIGURAS

- F1. Diagrama de flujo de selección de artículos P. 19

INDICE DE TABLAS

- T1. Tabla escala “physiotherapy evidence database (pedro)” para analizar la calidad metodológica de los estudios clínicos. P. 23-24
- T2. Tabla de características de los estudios P. 27-28.

RESUMEN

Introducción: La atrofia y debilidad funcional del miembro inferior después de una reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA) son problemas persistentes que enfrentan los deportistas. La electroestimulación neuromuscular (EENM) para la rehabilitación física ha aumentado significativamente en los últimos años y puede ser útil para mejorar dichos déficits, sin embargo, la aplicación de la EENM sigue siendo una controversia en el deporte.

Objetivo: Evaluar la efectividad de la aplicación de la EENM como complemento a la rehabilitación convencional sobre la función física de los músculos tras la reconstrucción del LCA.

Metodología. Se realizó una revisión sistemática siguiendo la guía PRISMA. Las bases de datos utilizado como fuente de información han sido PubMed, Medline Complete y Web of Science, La ecuación de búsqueda utilizada ha sido: ("electrical stimulation" OR NMES OR "electrostimulation") AND ("Return to play" OR RTP OR Function OR strength) AND (Sport* OR Athlete* OR Player*) AND (ACL OR "Anterior cruciate ligament"). Se incluyeron ensayos clínicos, los estudios deben consistir en pacientes que se hayan sometido a cirugía de reconstrucción del LCA y se evaluó a partir de la escala de calidad PEDro.

Resultados. Se incluyeron para la revisión 8 estudios que cumplieron con los criterios de inclusión. Los resultados sugieren que la EENM puede ser una forma de prevenir la atrofia muscular después de la cirugía de reconstrucción del LCA en los deportistas y la función física de la articulación femorotibial mejoró significativamente más en los grupos EENM. Los puntos clave incluyen que el retorno al deporte se caracteriza por el logro del nivel deportivo previo a la lesión e implica una progresión basada en criterios desde el regreso a la participación hasta el retorno al deporte.

Conclusiones. Los resultados de este estudio muestran que EENM es útil para fortalecer el músculo cuádriceps en deportistas. Existe evidencia del beneficio de la EENM en la restauración de la masa muscular y la fuerza del cuádriceps.

Palabras clave: Ligamento cruzado anterior, electroestimulación neuromuscular, rehabilitación, vuelta al juego

ABSTRACT

Introduction: Atrophy and functional weakness of the lower limb after anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction are persistent problems faced by athletes. Neuromuscular electrostimulation (NMES) for physical rehabilitation has increased significantly in recent years and can be useful to improve these deficits, however, the application of NMES remains controversial in sport.

Objective: To evaluate the effectiveness of the application of NMES as a complement to conventional rehabilitation on the physical function of the muscles after ACL reconstruction.

Methodology: A systematic review was carried out following the PRISMA guideline. The databases used as a source of information have been PubMed, Medline Complete and Web of Science. The search equation used has been: ("electrical stimulation" OR NMES OR "electrostimulation") AND ("Return to play" OR RTP OR Function OR strength) AND (Sport* OR Athlete* OR Player*) AND (ACL OR "Anterior cruciate ligament"). Clinical trials were included, studies must consist of patients who have undergone ACL reconstruction surgery and were evaluated based on the PEDro quality scale.

Results. 8 studies that met the inclusion criteria were included. The results suggest that NMES may be a way to prevent muscle atrophy after ACL reconstruction surgery in athletes, and the physical function of the femorotibial joint improved significantly more in the NMES groups. Key points include that return to sport is characterized by achievement of pre-injury sporting level and involves a criteria-based progression from return to participation to return to sport.

Conclusion. The results of this study show that EENM is useful for strengthening the quadriceps muscle in athletes. There is evidence of the benefit of NMES in restoring quadriceps muscle mass and strength.

Keywords: Anterior cruciate ligament, neuromuscular electrostimulation, rehabilitation, return to play

INTRODUCCIÓN

El ligamento cruzado anterior (LCA) tiene una gran influencia en la cinemática de la rodilla (Martínez, 2020), funciona como estabilizador primario para limitar el desplazamiento tibial anterior y como estabilizador secundario para restringir el movimiento tibial. La lesión del LCA aumenta la traslación tibial anterior y la rotación tibial interna; provoca un tiempo de inactividad prolongado y, a menudo, se complica con nuevas lesiones de rodilla y osteoartritis posteriores (Waldén et al., 2011). Por lo tanto, su rotura supone una gran pérdida de movilidad, estabilidad y funcionalidad de dicha articulación (Martínez, 2020). La incidencia de lesión del LCA sigue siendo alta en los deportistas jóvenes, las mujeres tienen una incidencia mucho mayor de lesiones del LCA que los hombres, uno de los factores más importantes es el ciclo menstrual. El mecanismo de lesión es un foco importante de discusión, ya que una rotura del LCA es más a menudo de un evento sin contacto con una maniobra de desaceleración o cambio de dirección que por contacto o golpe directo.

Existen diferentes técnicas para el examen clínico que puede utilizarse para examinar la totalidad del LCA. Desde fisioterapia, la prueba más útil es la prueba de Lachman, podemos añadir prueba del cajón anterior y la de desplazamiento del pivote para descartar o confirmar la lesión (Erviti, 2023). Cabe resaltar que en las lesiones agudas puede ser difícil realizar estas pruebas debido al dolor.

El objetivo de la cirugía es proporcionar al paciente un regreso oportuno al deporte, a la mayoría de los deportistas, se les trata con una reconstrucción del LCA, este procedimiento suele llevarse a cabo mediante el autoinjerto de tendones isquiotibiales o

hueso-rotula-hueso. En la mayoría de los casos, la intervención quirúrgica no se lleva a cabo de manera inmediata después de la lesión, el retraso de la cirugía se debe a una primera rehabilitación para disminuir riesgos de desarrollar artrofibrosis posoperatoria (rigidez de la rodilla). Lo ideal es que la intervención quirúrgica se realice hasta que la rodilla lesionada muestre una amplitud del movimiento casi normal, el derrame casi haya desaparecidos y el paciente pueda desplazarse cómodamente. La mayoría de los atletas que se someten a una cirugía de reconstrucción del LCA tienen como objetivo regresar al deporte que practicaban antes de la lesión. Aunque la cirugía aborda las deficiencias en la función de la rodilla, muchos atletas no regresan al deporte después de la cirugía, y las respuestas psicológicas se han identificado como un factor potencialmente modificable asociado con este resultado (Webster & Feller, 2018).

Volver a jugar con éxito sigue siendo un desafío para los deportistas después de la reconstrucción del LCA, además de una exitosa intervención quirúrgica, un programa de rehabilitación funcional es esencial para lograr este objetivo. Generalmente, la rehabilitación se divide en cuatro fases: Protección y movimientos controlados; entrenamiento controlado; entrenamiento más intenso y vuelta al juego. el objetivo es alcanzar el mejor nivel funcional (Kvist, 2004), los objetivos iniciales son reducir el dolor, la inflamación y recuperar el rango de movimiento, una vez se haya logrado estos objetivos, se iniciará un programa de fortalecimiento muscular en tren inferior y CORE, se complementará con un programa de rehabilitación neuromuscular específico del deporte y se incorporan ejercicios de carrera. Cuando el deportista recupere la suficiente fuerza y se pueda someter a pruebas de funcionalidad, se inicia una vuelta progresiva a los entrenamientos. En una revisión reciente, Kvist localizó 39 artículos que presentaban resultados después de la reconstrucción del LCA y criterios para regresar a los deportes.

En la mayoría de los casos, la decisión de cuándo permitir que el paciente/atleta regresara al deporte fue empírica y se basó en el tiempo, que oscilaba entre 3 y 12 meses después de la cirugía (Kvist, 2004)

La rehabilitación y el retorno a un alto nivel de actividad física son indicadores importantes del éxito del tratamiento. El conocimiento de los aspectos fisiológicos del proceso de curación y la biomecánica de la articulación de la rodilla después la reconstrucción del LCA, así como de la eficacia del entrenamiento, a la hora de desarrollar un programa de rehabilitación. Los programas de rehabilitación actuales utilizan entrenamiento motor inmediato. Se recomienda soportar peso durante la primera semana después de la reconstrucción del LCA. Por lo general, pueden volver a realizar actividades deportivas ligeras, como correr, dos o tres meses después de la cirugía y a deportes de contacto, como cortar o saltar, seis meses después. La cirugía, combinada con una rehabilitación completa y ejercicios deportivos específicos, deberían conducir a la estabilización funcional de la articulación de la rodilla. Además, se deben utilizar como criterios importantes la resistencia y el rendimiento adecuados. Otros factores, como las lesiones asociadas y las barreras sociales y psicológicas, también pueden influir en el regreso al deporte y deben considerarse tanto en la rehabilitación como en la evaluación del tratamiento (Kvist, 2004).

Una de las principales prioridades de la rehabilitación física tras la lesión y reconstrucción del LCA es la restauración de la fuerza muscular, ya que promueve inmediatamente déficits residuales en cuanto a la atrofia y debilidad funcional del músculo debido a la capacidad reducida para contraer los músculos cuádriceps y/o isquiotibiales, lo que prolonga el programa de rehabilitación del deportista lesionado y se sugiere la necesidad

de prácticas de rehabilitación más eficaces. La aplicación de la electroestimulación neuromuscular (EENM) puede ser una intervención complementaria útil para mejorar estos déficits después de la reconstrucción de dicho ligamento.

La debilidad muscular postoperatoria, la carga asimétrica en los miembros inferiores y las alteraciones biomecánicas, durante el primer mes después de una reconstrucción del LCA son problemas persistentes que enfrentan los deportistas. El objetivo de la rehabilitación física es restaurar la funcionalidad del miembro inferior tras la reconstrucción del ligamento siendo un determinante clave para el retorno a la práctica deportiva y aunque la estabilidad de la articulación femoropatelar mejore significativamente, los resultados a largo plazo informan debilidad de los extensores de la rodilla que oscila entre el 6 (Lewek M, et al) y 18% (Rosenberg TD, et al) en los primeros 6 años después de la reconstrucción. Ernst et al. demostraron además que existen compensaciones persistentes en las extremidades inferiores después de la reconstrucción del LCA y afectan negativamente el rendimiento de una sola extremidad, incluido el despegue y el aterrizaje en salto vertical. Adams y cols. Observaron que el déficit de fuerza del cuádriceps es significativo después de una lesión del LCA, oscilando entre el 15% y el 40%. Krishnan y Williams examinaron la fuerza del cuádriceps en personas de 2 a 15 años después de la reconstrucción del LCA y probaron la hipótesis de que la debilidad crónica del cuádriceps está relacionada con los niveles de activación voluntaria del músculo cuádriceps, el momento antagonista de los isquiotibiales y los cambios periféricos en el músculo

La EENM es la aplicación de la corriente eléctrica para provocar una contracción muscular y puede ser útil para fortalecer los músculos retardando la atrofia muscular en

la primera fase de la rehabilitación (Arvidsson, et al.). Se propone la intervención con la EENM para restaurar la fuerza muscular facilitando el reclutamiento de los músculos al verse inhibido por dolor, derrame o traumatismo a nivel de la articular femoropatelar lo que retrasa el retorno de la fuerza de los músculos tras la reconstrucción. El criterio de intervención principal fue comparado con una intervención de rehabilitación convencional y aunque el uso de la EENM para la rehabilitación física ha aumentado significativamente en los últimos años, la aplicación de la EENM sigue siendo una controversia en el proceso del retorno al deporte y un resultado exitoso, si bien muchos estudios de investigación encuentran que la fuerza muscular y la recuperación después del esfuerzo físico mejoran significativamente con EENM.

El **objetivo** de esta revisión sistemática es evaluar la efectividad de la aplicación de la EENM como complemento a un programa de fortalecimiento muscular y si es superior a solo la rehabilitación convencional para mejorar dichos déficits tras la reconstrucción del LCA para el retorno a la práctica deportiva.

METODOLOGÍA

Se realizó una revisión sistemática tras realizar una consulta de la principal bibliografía sobre la lesión, cirugía de reconstrucción del LCA y su recuperación para lograr el retorno a la práctica deportiva. Se realizó una revisión de la literatura para informar la evidencia de respaldo. Esta revisión sistemática sigue las pautas de elementos de informe preferidos para revisiones sistemáticas y metaanálisis (PRISMA) 2020 (Page et al, 2021).

- *Criterios de elegibilidad*

Se realizaron búsquedas bibliográficas asistida en bases de datos electrónicas. Para ser incluidos, los estudios fueron: Ensayos clínicos, el grupo de intervención debe haber recibido EENM como complemento de la fisioterapia estándar, el grupo control debe haber recibido fisioterapia estándar sin ningún complemento de intervención EENM, los estudios deben consistir en pacientes que se hayan sometido a cirugía de reconstrucción del LCA, medición de resultado primario de la fuerza de los músculos cuádriceps y/o isquiotibiales medida mediante métodos isométricos, pruebas de rendimiento estándar para la fuerza muscular, estabilidad o función de la articulación femorotibial y estudios que informaron el número de pacientes que regresaron a participar en deportes después de la cirugía de reconstrucción del LCA. Se excluyeron estudios que era cuasiexperimentales, observacionales y estudios de caso, si la EENM no era una intervención primaria en el estudio, estudios que no evaluaron la fuerza muscular del cuádriceps, estudios en animales y protocolos de EENM no detallados.

- *Fuentes de información*

Las bases de datos utilizado como fuente de información han sido PubMed, Medline Complete y Web of Science desde la entrada más temprana posible hasta abril de 2023.

- *Estrategia de búsqueda*

La ecuación de búsqueda utilizada para la revisión ha sido: ("electrical stimulation" OR NMES OR "electrostimulation") AND ("Return to play" OR RTP OR Function OR strength) AND (Sport* OR Athlete* OR Player*) AND (ACL OR "Anterior cruciate ligament")

- *Selección de estudios*

Se incluyeron ensayos clínicos, los estudios deben consistir en pacientes que se hayan sometido a cirugía de reconstrucción del LCA, estudios que informaron el número de pacientes que regresaron a participar en deportes después de la cirugía de reconstrucción del LCA. Se excluyeron estudios que era cuasiexperimentales, observacionales y estudios de caso, si la EENM no era una intervención primaria en el estudio.

- *Extracción de datos*

Se realizo de forma independiente la extracción de datos con respecto al diseño del estudio, la intervención, medidas iniciales y de resultado mediante formulación estándar. Los resultados de interés fueron los parámetros de intervención, las instrucciones de

administración y las medidas de fuerza del cuádriceps (isométrica o isocinética) de cada estudio, el rendimiento en pruebas funcionales y los parámetros de intervención del tratamiento EENM, consistieron en intensidad, tamaño del electrodo, frecuencia, inicio del tratamiento, forma de onda/corriente, duración del pulso, ciclo de trabajo, tiempo de rampa, ángulo de la rodilla, contracción muscular activa o pasiva y volumen de tratamiento

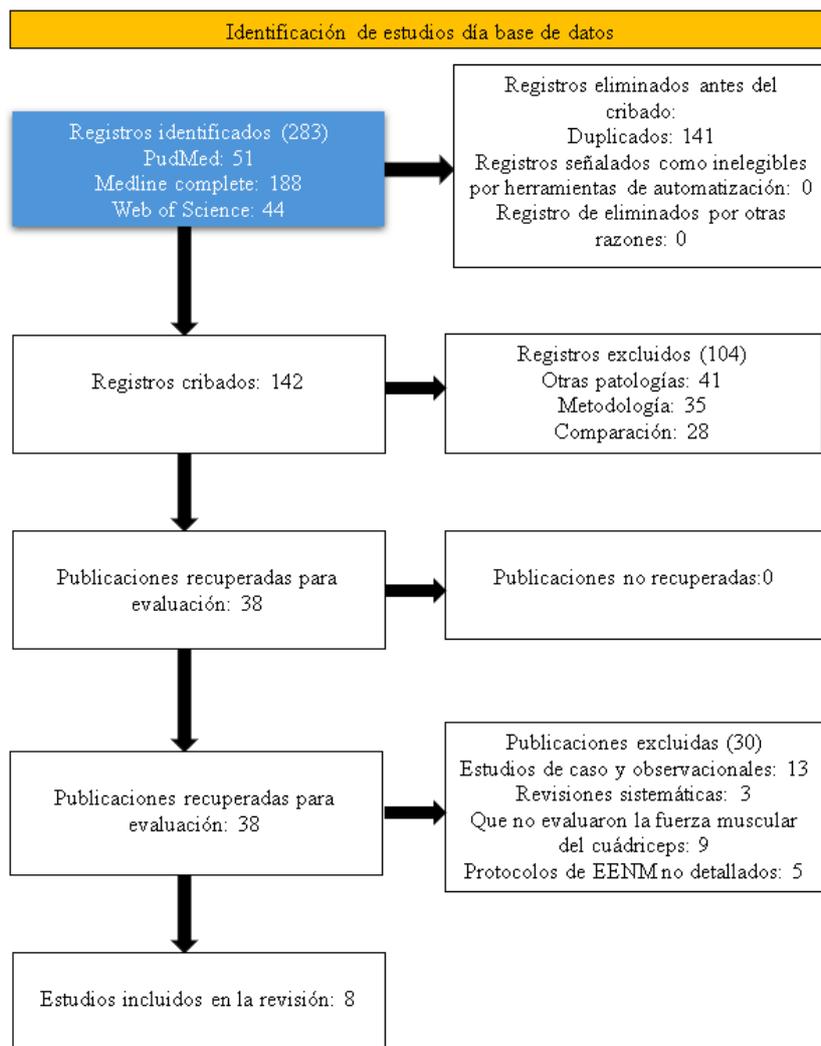
- *Evaluación de la calidad y riesgo de sesgo*

Para evaluar la calidad metodológica del estudio, se evaluó a partir de la puntuación mediante la escala de evaluación de calidad de base de datos de evidencia de fisioterapia PEDro (Physiotherapy Evidence Database) (Shiwa et al., 2011). Esta escala utiliza una calificación de 0 a 10 y se considera una medida válida de calidad metodológica en ECA con un nivel aceptable de confiabilidad.

RESULTADOS

- *Selección de los estudios*

Se identifican 283 registros en las bases de datos de las cuales 51 fueron en PubMed, 188 en Medline Complete y 44 en Web of Science. Se eliminaron 141 registros antes del cribado por duplicados para un total de 142 registros identificados, se excluyen 104 registros de los cuales 41 son por otras patologías, 35 por la metodología y 28 por comparación para un total de 38 publicaciones para evaluación. Se excluyen 30 publicaciones, 13 por ser estudios de caso y observacionales, 3 revisiones sistemáticas, 9 que no evaluaron la fuerza del cuádriceps y 5 por protocolos de EENM no detallados para un total final de 8 estudios incluidos en la revisión sistemática.



F1. Diagrama de flujo de selección de artículos

- *Características de los estudios*

En un artículo 8 pacientes sometidos a reconstrucción del LCA fueron asignados aleatoriamente en dos grupos. El grupo de control recibió un yeso estándar y entrenamiento muscular isométrico. El grupo estimulado recibió un yeso estándar, entrenamiento isométrico y estimulación eléctrica percutánea durante el período de recuperación. Los pacientes fueron examinados clínicamente y con biopsias musculares repetidas antes de la cirugía, 1 semana después de la cirugía y 5 semanas después de la cirugía en el momento de retirar el yeso (Eriksson & Häggmark, 1979). En otro artículo, 43 sujetos que se habían sometido a reconstrucción del LCA fueron asignados aleatoriamente a un grupo que recibió (EENM) o no recibió (comparación) el tratamiento EENM junto con su rehabilitación. Se compararon las medias grupales de fuerza del cuádriceps y las medidas auto informadas de función de la rodilla después de 12 y 16 semanas de rehabilitación. También se comparó la proporción de sujetos en cada grupo que alcanzaron los criterios clínicos para iniciar la deambulación sin muletas, correr en cinta rodante y entrenamiento de agilidad en momentos seleccionados durante la rehabilitación (Fitzgerald et al., 2003).

Labanca et al, en dos artículos, el primero con 63 pacientes con restauración del ACL fueron asignados aleatoriamente a uno de los tres grupos de tratamiento: ENMM superpuesta a STSTS (ENMM + STSTS), STSTS solo o ningún tratamiento adicional (NAT) a la rehabilitación estándar. La fuerza isométrica máxima de los músculos extensores y flexores de la rodilla se midió 60 y 180 días después de la cirugía. La asimetría en la carga de las extremidades inferiores se midió durante un movimiento de bipedestación a los 15, 30, 60 y 180 días después de la cirugía y durante un salto con

contra movimiento 180 días después de la cirugía mediante dos plataformas de fuerza adyacentes colocadas debajo de cada pie (Labanca et al., 2018), y el segundo con 34 participantes fueron asignados aleatoriamente a un grupo NMES+, que recibió rehabilitación estándar con NMES adicional de músculos flexores y extensores de rodilla, superpuestos a movimientos funcionales, o a un grupo de control, que no recibió entrenamiento adicional (NAT) a la rehabilitación tradicional. Los participantes fueron evaluados 15 (T1), 30 (T2), 60 (T3), 90 (T4) y una media de 380 días (T5) después de la restauración del ACL. La fuerza de los flexores y extensores de la rodilla se midió en T3, T4 y T5. La asimetría de carga de las extremidades inferiores se midió durante un movimiento de sentarse, levantarse y sentarse en T1, T2, T3, T4 y T5, y un salto con contra movimiento en T4 y T5. Se realizó una resonancia magnética en T5 para evaluar la morfología de los músculos del muslo y la regeneración de los tendones extraídos. NMES+ mostró una mayor fuerza muscular para los isquiotibiales (T4, T5) y los cuádriceps (T3, T4, T5), una mayor simetría de carga durante la bipedestación (T2, T3, T4, T5), la bipedestación (T3, T4) y salto con contra movimiento (T5) que NAT (Labanca et al., 2022).

En un artículo, 15 voluntarios varones sometidos a reconstrucción del LCA se dividieron en dos grupos, estimulación y no estimulación. Las mediciones de la circunferencia del muslo y la fuerza isométrica del cuádriceps se evaluaron antes de la operación, inmediatamente después del cese de la inmovilización con yeso (6 semanas) y a las 9 y 12 semanas del postoperatorio (Morrissey et al., 1985). En otro artículo, 10 usuarios con una edad media de 26 años fueron asignados aleatoriamente a dos grupos: un grupo estimulado con 80 Hz (5 pacientes) y un grupo estimulado con 20 Hz (5 pacientes). Todos los pacientes recibieron estimulación eléctrica del cuádriceps femoral, cinco días a la

semana, durante 12 semanas, y tuvieron un programa estándar de contracciones voluntarias. Los volúmenes de músculo y grasa del muslo se evaluaron mediante resonancia magnética antes de la cirugía y después de 12 semanas de rehabilitación (Rebai et al., 2002).

80 participantes (ENMM = 40, control = 40) recibieron un programa de ejercicio, que incluía tres sesiones semanales. Los individuos del grupo ENMM recibieron además procedimientos de estimulación eléctrica neuromuscular en el cuádriceps derecho e izquierdo (pulsos rectangulares simétricos bifásicos, frecuencia de impulsos: 2500 Hz y frecuencia del tren de pulsos: 50 Hz) tres veces al día (3 horas de descanso entre tratamientos), 3 días a la semana, durante un mes. Se aplicaron las pruebas de tensometría, circunferencia muscular y goniometría del péndulo (seguimiento a 1 y 3 meses) (Taradaj et al., 2013). 25 pacientes (12 hombres/13 mujeres) con una rotura aguda del LCA por primera vez fueron asignados al azar a EENM (5 días/semana) o simulación (estimulación nerviosa eléctrica con microcorriente simulada; 5 días /semana) tratamiento de los músculos cuádriceps de la pierna lesionada. Se realizaron biopsias bilaterales del vasto lateral 3 semanas después de la cirugía para medir el tamaño y la contractilidad de las fibras del músculo esquelético. El tamaño y la fuerza del músculo cuádriceps se evaluaron 6 meses después de la cirugía (Toth et al., 2020).

- *Calidad y riesgo de sesgo de los estudios individuales*

Se utilizó la Escala PEDro para evaluar la validez de cada uno de los estudios y su información estadística. Ninguno de los estudios incluidos mostró baja calidad metodológica ni alto riesgo de sesgo.

T1. Tabla escala “physiotherapy evidence database (pedro)” para analizar la calidad metodológica de los estudios clínicos.

<i>Estudios</i>	<i>Criterios de elegibilidad fueron especificados</i>	<i>Sujetos fueron ubicados aleatoriamente en grupos</i>	<i>Asignación a los grupos fue encubierta</i>	<i>Grupos tuvieron una línea de base similar en el indicador de pronóstico más importante</i>	<i>Cegamiento para todos los grupos</i>	<i>Cegamiento para todos los terapeutas que administraron la intervención</i>	<i>Cegamiento de todos los asesores que midieron al menos un resultado clave</i>	<i>Mediciones de al menos un resultado clave fueron obtenidas en más del 85% de los sujetos inicialmente ubicados en los grupos</i>	<i>Todos los sujetos medidos en los resultados recibieron el tratamiento o condición de control tal como se les asignó, o si no fue este el caso, los datos de al menos uno de los resultados clave fueron analizados con intención de tratar</i>	<i>Resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron reportados en al menos un resultado clave</i>	<i>Estadístico provee puntos y mediciones de variabilidad para al menos un resultado clave</i>
(Eriksson & Häggmark, 1979)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI

- *Resultados de los estudios individuales*

Eriksson & Häggmark (1979) sugieren que la estimulación eléctrica percutánea puede ser una forma de prevenir la atrofia muscular después de una cirugía mayor del ligamento de la rodilla en deportistas (Eriksson & Häggmark, 1979). Fitzgerald et al, demostraron que el grupo EENM demostró una fuerza del cuádriceps moderadamente mayor a las 12 semanas (tamaño del efecto, 0,48) y niveles moderadamente más altos de función de la rodilla auto informada a las 12 (tamaño del efecto, 0,72) y 16 (tamaño del efecto, 0,65) semanas de rehabilitación en comparación con el grupo de comparación. Una mayor proporción de sujetos en el grupo NMES alcanzaron los criterios clínicos para avanzar al entrenamiento de agilidad a las 16 semanas (Fitzgerald et al., 2003).

En los estudios de Labanca et al, Participantes de ENMM + SLS mostraron una mayor fuerza muscular de los extensores de la rodilla, lo que estuvo acompañado por una menor percepción del dolor y una mayor simetría en la carga de las extremidades inferiores en comparación con los participantes de SLS solo y NTA después de 60 y 180 días desde la cirugía. Los participantes en el grupo de tratamiento solo con SLS mostraron una mayor simetría en la carga de las extremidades inferiores en comparación con los del grupo NAT 60 días después de la cirugía (Labanca et al., 2018) y No se encontraron diferencias entre grupos en la morfología de músculos y tendones, ni en la regeneración de tendones extraídos (Labanca et al., 2022).

Morrissey et al (1985) encontraron cambios en la circunferencia y la fuerza entre la primera prueba preoperatoria y todas las pruebas posteriores se compararon para determinar la significancia estadística (prueba t de Student, $P < 0,5$) entre los dos grupos. La disminución en la fuerza del cuádriceps del grupo con estimulación durante la

inmovilización fue significativamente menor que la del grupo sin estimulación, aunque las diferencias posteriores entre los dos grupos no fueron significativas. No hubo diferencias significativas en la atrofia del muslo entre los dos grupos (Morrissey et al., 1985). Rebai et al, reportaron que la fuerza de los músculos cuádriceps e isquiotibiales se evaluó mediante mediciones isocinéticas. Doce semanas después de la cirugía, el déficit de torque máximo del cuádriceps en el miembro operado con respecto al miembro no operado a 180°/s y 240°/s fue significativamente ($p < 0,05$) menor en el grupo de 20 Hz que en el grupo de 80 Hz. Esta diferencia no se confirmó al comparar el torque máximo del cuádriceps preoperatorio del miembro operado con el postoperatorio. El volumen de grasa subcutánea aumentó en los dos grupos en la prueba posquirúrgica. Este aumento fue significativamente ($p < 0,05$) mayor para el grupo de 80 Hz. El déficit de volumen del músculo del muslo no fue significativamente diferente entre los dos grupos (Rebai et al., 2002).

Taradaj et al (2013) Muestran que ENMM es útil para fortalecer el músculo cuádriceps en atletas de fútbol. Existe evidencia del beneficio de la EENM en la restauración de la masa muscular y la fuerza del cuádriceps de los jugadores de fútbol (Taradaj et al., 2013). Toth et al (2020) reportan que la reconstrucción del LCA redujo el tamaño de la fibra muscular única y la contractilidad en todos los tipos de fibra ($P < 0,01$ a $P < 0,001$) en la pierna lesionada en comparación con la pierna no lesionada 3 semanas después de la cirugía. ENMM redujo la atrofia de las fibras musculares ($P < 0,01$) a través de efectos sobre las fibras de cadena pesada de miosina (MHC) II de contracción rápida ($P < 0,01$ a $P < 0,001$). ENMM preservó la contractilidad en las fibras MHC I de contracción lenta ($P < 0,01$ a $P < 0,001$), aumentando la velocidad contráctil máxima ($P < 0,01$) y preservando la producción de potencia ($P < 0,01$), pero no en las fibras MHC II (Toth et al., 2020).

T2. Tabla de características y resultados de los estudios

<i>Estudios</i>	<i>Metodología</i>	<i>Resultados</i>
(Eriksson & Häggmark, 1979)	8 pacientes sometidos a reconstrucción del LCA asignados aleatoriamente a un grupo de control (yeso estándar y entrenamiento isométrico) o a un grupo estimulado (yeso estándar, entrenamiento isométrico y estimulación eléctrica percutánea). Evaluaciones clínicas y biopsias musculares antes de la cirugía, 1 semana después y 5 semanas después.	El grupo estimulado eléctricamente mostró una mayor circunferencia muscular ($4.5 \pm 0.58''$) que el grupo de control ($2.0 \pm 0.82''$) con diferencia significativa ($P < 0.01$). Actividad SDH preoperatoria: grupo estimulado 7.3 (5.4-10.8), grupo control 8.1 (5.9-10.6). Postoperatoria: grupo estimulado 7.0 (4.3-9.0), grupo control 7.7 (4.0-10.9). Diferencias significativas ($P < 0.05$).
(Fitzgerald et al., 2003)	43 sujetos con reconstrucción del LCA asignados aleatoriamente a un grupo con EENM o sin EENM junto con rehabilitación. Evaluaciones de fuerza del cuádriceps y función de la rodilla después de 12 y 16 semanas.	El grupo EENM mostró mayor fuerza del cuádriceps a las 12 semanas (tamaño del efecto, 0.48) y mejor función de la rodilla auto informada a las 12 (tamaño del efecto, 0.72) y 16 semanas (tamaño del efecto, 0.65). Mayor proporción de sujetos del grupo EENM alcanzaron criterios para avanzar en entrenamiento de agilidad a las 16 semanas.
(Labanca et al., 2018)	63 pacientes con restauración del LCA asignados a tres grupos: ENMM + STSTS, STSTS solo y NAT. Evaluaciones de fuerza isométrica de extensores y flexores de la rodilla a 60 y 180 días, y asimetría de carga a 15, 30, 60 y 180 días.	Efecto del tratamiento y tiempo sobre la fuerza absoluta de extensores de rodilla a 30° (tratamiento $F=17,194$; $p<0,001$; tiempo $F=84,450$; $p<0,001$) y 90° (tratamiento $F=10,435$; $p<0,01$; tiempo $F=94,321$). Efecto del tratamiento ($F=11,429$; $p<0,001$) y tiempo ($F=88,437$; $p<0,001$) sobre índice de simetría a 30° y 90° .
(Labanca et al., 2022)	34 participantes asignados a grupo NMES+ (rehabilitación estándar + NMES) o control (NAT). Evaluaciones a 15, 30, 60, 90 y ~380 días. Fuerza de flexores y extensores de rodilla, asimetría de carga, y RM en T5 para morfología muscular y regeneración de tendones.	Grupo NMES+ mostró mayor fuerza muscular de isquiotibiales y cuádriceps, mayor simetría de carga y mejor rendimiento en pruebas de salto en comparación con NAT. Aumento significativo de la fuerza muscular en evaluaciones entre T3-T4 y T4-T5.
(Morrissey et al., 1985)	15 voluntarios varones con reconstrucción del LCA divididos en grupos de estimulación y no estimulación. Evaluaciones de circunferencia del muslo y fuerza isométrica del cuádriceps antes y después de la inmovilización con yeso.	La disminución de la fuerza del cuádriceps fue significativamente menor en el grupo con estimulación durante la inmovilización, aunque no hubo diferencias

		significativas posteriores. No se observaron diferencias significativas en la atrofia del muslo entre los grupos.
(Rebai et al., 2002)	10 pacientes asignados a grupos de estimulación a 80 Hz o 20 Hz. Estimulación eléctrica del cuádriceps 5 días/semana durante 12 semanas con contracciones voluntarias. Evaluaciones de volumen muscular y grasa del muslo mediante RM.	El grupo de 20 Hz mostró un menor déficit de torque máximo del cuádriceps postoperatorio en comparación con el grupo de 80 Hz. El volumen de grasa subcutánea aumentó más significativamente en el grupo de 80 Hz. No hubo diferencias significativas en el déficit de volumen muscular entre los grupos.
(Taradaj et al., 2013)	80 participantes (40 ENMM, 40 control) con programa de ejercicio de 3 sesiones semanales. El grupo ENMM recibió estimulación eléctrica neuromuscular en cuádriceps 3 veces al día, 3 días a la semana durante un mes. Evaluaciones de tensometría, circunferencia muscular y goniometría.	Aumento significativo en la circunferencia del cuádriceps en el grupo EENM en el lado operado (1.4%, P=0.03) y no operado (1.1%, P=0.03). Comparación después de un mes mostró diferencias significativas a favor de EENM en ambos lados.
Toth et al. (2020).	25 pacientes (12 hombres, 13 mujeres) con rotura aguda del LCA asignados a EENM o simulación de microcorriente. Biopsias del vasto lateral 3 semanas después de la cirugía. Evaluaciones de tamaño y fuerza del cuádriceps 6 meses después de la cirugía.	La reconstrucción del LCA redujo el tamaño y la contractilidad de las fibras musculares en la pierna lesionada. EENM redujo la atrofia y preservó la contractilidad en las fibras MHC I y II, aumentando la velocidad contráctil y preservando la producción de potencia (P<0,01 a P<0,001).
LCA (ligamento cruzado anterior) EENM (electroestimulación neuromuscular) SDH (succinato deshidrogenasa fueron) NAT (ningún entrenamiento adicional)		

DISCUSIÓN

Discusión general

Los resultados sugieren que la EENM puede ser una forma de prevenir la atrofia muscular después de la cirugía de reconstrucción del LCA en los deportistas y la función física de la articulación femorotibial mejoró significativamente más en los grupos EENM. Los puntos clave incluyen que el retorno al deporte se caracteriza por el logro del nivel deportivo previo a la lesión e implica una progresión basada en criterios desde el regreso a la participación hasta el retorno al deporte.

Recuperar la fuerza muscular del cuádriceps después de la cirugía de reconstrucción del LCA es un objetivo primordial durante la rehabilitación física para el retorno a la práctica deportiva. Todos los tratamientos del EENM dentro de los estudios con grandes efectos de tratamiento se implementaron dentro de las primeras dos semanas postoperatorias. Se teoriza que el efecto positivo temprano de EENM en la recuperación de la fuerza muscular del cuádriceps es atribuido a características inmediatamente después de la cirugía de reconstrucción del LCA, como falla en la activación muscular que afecta la capacidad de generar una contracción muscular después de la cirugía; se cree que la estimulación generada por EENM ayuda al músculo lograr una contracción completa cuando hay una falla de activación. Por lo tanto, se recomienda implementar el tratamiento de EENM durante las primeras dos semanas postoperatorias ya que puede ser beneficioso para el músculo cuádriceps. Se muestra que ENMM es útil para fortalecer el músculo cuádriceps en atletas. Existe evidencia del beneficio de la ENMM en la restauración de la masa muscular y la fuerza del cuádriceps de los jugadores de fútbol. (Taradaj et al., 2013).

Se sugieren que la estimulación eléctrica percutánea puede ser una forma de prevenir la atrofia muscular después de una cirugía mayor del ligamento de la rodilla en deportistas (Eriksson & Häggmark, 1979). EENM combinada con ejercicio puede ser más eficaz para mejorar la fuerza del cuádriceps que el ejercicio solo, mientras que su efecto sobre el rendimiento funcional y los resultados orientados al paciente no es concluyente. Se observaron incoherencias en los parámetros del EENM (Kim et al., 2010). Debido a la evidencia inconsistente entre los estudios, existe evidencia de grado B que respalda el uso de EENM para ayudar en la recuperación de la fuerza del cuádriceps después de una cirugía de rodilla (Conley et al., 2021).

Limitaciones del estudio

En la literatura existen contradicciones e inconsistencias sobre la efectividad de la EENM versus la rehabilitación física convencional en deportistas después de la cirugía de reconstrucción del LCA, y se justifica una revisión adicional para aclarar cualquier beneficio clínico de esta intervención. Además de no haber encontrado estudios más actuales.

Recomendaciones para futuras investigaciones

Se recomienda proporcionar más información sobre los efectos de la EENM y los parámetros de la rehabilitación con el uso de EEMM en deportistas después de la reconstrucción del LCA.

CONCLUSIONES

Existe evidencia que respalda el uso de EENM para ayudar en la recuperación de la fuerza del cuádriceps después de una cirugía de reconstrucción del LCA. Con base en los parámetros utilizados por los estudios que demuestran efectos óptimos del tratamiento, se recomienda implementar el tratamiento EENM durante las primeras 2 semanas postoperatorias a una frecuencia ≥ 50 Hz, a la máxima intensidad tolerable, con corriente bifásica, con electrodos grandes (≥ 40 cm²) y un ciclo de trabajo. relación de 1:2 a 1:3 (rampa de 2 a 3 segundos).

La calidad de la rehabilitación se puede mejorar enormemente añadiendo una intervención estructurada de entrenamiento de resistencia de dos meses de duración, basada en EENM superpuesta a movimientos funcionales, en la fase temprana después de la reconstrucción del LCA.

El proceso del retorno al deporte después de una lesión o reconstrucción del LCA se caracteriza en última instancia por alcanzar el nivel deportivo previo a la lesión. Los datos objetivos del examen físico y las pruebas funcionales son un mínimo para establecer la recuperación necesario de la función de la articulación femorotibial después de una lesión o reconstrucción del LCA, como las condiciones de curación individuales son variables, la toma de decisiones del retorno al deporte basadas puramente en el tiempo no es suficiente.

Conflicto de intereses

El autor no tiene ningún conflicto de intereses que aclarar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ardern, C. L., Webster, K. E., Taylor, N. F., & Feller, J. A. (2011). Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: A systematic review and meta-analysis of the state of play. In *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 45, Issue 7). <https://doi.org/10.1136/bjsm.2010.076364>
2. Arvidsson I, Arvidsson H, Eriksson E, et al. Prevención de la atrofia del cuádriceps después de la inmovilización: una evaluación del efecto de la estimulación eléctrica. *Ortopedía*. 1986; 9 :1519–28.
3. Ernst GP, Saliba E, Diduch DR, Hurwitz SR, Ball DW. Compensaciones de las extremidades inferiores después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior. *Médico*. 2000; 80: 251-260.
4. Bizzini, M., Hancock, D., & Impellizzeri, F. (2012). Suggestions from the field for return to sports participation following anterior cruciate ligament reconstruction: Soccer. In *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* (Vol. 42, Issue 4). <https://doi.org/10.2519/jospt.2012.4005>
5. C. Krishnan y GN Williams, “Factores que explican los déficits crónicos de fuerza de los extensores de la rodilla después de la reconstrucción del LCA”, *Journal of Orthopaedic Research*, vol. 29, núm. 5, págs. 633–640, 2011.
6. Conley, C. E. W., Mattacola, C. G., Jochimsen, K. N., Dressler, E. V., Lattermann, C., & Howard, J. S. (2021). A Comparison of Neuromuscular Electrical Stimulation Parameters for Postoperative Quadriceps Strength in Patients After Knee Surgery: A Systematic Review. En *Sports Health* (Vol. 13, Número 2). <https://doi.org/10.1177/1941738120964817>

7. D. Adams, DS Logerstedt, A. Hunter-Giordano, MJ Axe y L. Snyder-Mackler, “Conceptos actuales para la reconstrucción del ligamento cruzado anterior: unaprogresión de rehabilitación basada en criterios”, *Journal of Orthopaedics and Sports Physical Therapy*, vol. 42, núm. 7, págs. 601–614, 2012.
8. Eriksson, E., & Häggmark, T. (1979). Comparison of isometric muscle training and electrical stimulation supplementing isometric muscle training in the recovery after major knee ligament surgery: A preliminary report. *The American Journal of Sports Medicine*, 7(3). <https://doi.org/10.1177/036354657900700305>
9. Erviti Palacio, M. (2023). Efectividad de la técnica BFR en la rehabilitación después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior: una revisión bibliográfica y propuesta de intervención.
10. Fitzgerald, G. K., Piva, S. R., & Irrgang, J. J. (2003). A modified neuromuscular electrical stimulation protocol for quadriceps strength training following anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 33(9). <https://doi.org/10.2519/jospt.2003.33.9.492>
11. Fort-Vanmeerhaeghe, A., Arboix-Alió, J., & Montalvo, A. M. (2022). Return-to-sport following anterior cruciate ligament reconstruction in team sport athletes. Part II: Progressive framework. *Apunts Sports Medicine*, 57(213). <https://doi.org/10.1016/j.apunsm.2021.100361>
12. García-Rodríguez, P., Pecci, J., Vázquez-González, S., & Pareja-Galeano, H. (2023). Acute and Chronic Effects of Blood Flow Restriction Training in Physically Active Patients with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review. In *Sports Health*. <https://doi.org/10.1177/19417381231208636>
13. Hauger, A. V., Reiman, M. P., Bjordal, J. M., Sheets, C., Ledbetter, L., & Goode, A. P. (2018). Neuromuscular electrical stimulation is effective in strengthening the

quadriceps muscle after anterior cruciate ligament surgery. En *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* (Vol. 26, Número 2). <https://doi.org/10.1007/s00167-017-4669-5>

14. Herrera-Rodríguez, J., Ortiz-Morales, J., Bastidas, R., & Ambrosio-Alvear, J. (2022). Evaluación funcional de la rodilla en reconstrucción del ligamento cruzado anterior al retorno al deporte: validación de la escala ACL-RSI modificada. *Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología*, 36(1). <https://doi.org/10.1016/j.rccot.2022.04.003>
15. Kim, K. M., Croy, T., Hertel, J., & Saliba, S. (2010). Effects of neuromuscular electrical stimulation after anterior cruciate ligament reconstruction on quadriceps strength, function, and patient-oriented outcomes: A systematic review. En *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* (Vol. 40, Número 7). <https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3184>
16. Kvist, J. (2004). Rehabilitation following anterior cruciate ligament injury: current recommendations for sports participation. *Sports Medicine*, 34, 269-280.
17. Labanca, L., Rocchi, J. E., Giannini, S., Faloni, E. R., Montanari, G., Mariani, P. P., & Macaluso, A. (2022). Early Superimposed NMES Training is Effective to Improve Strength and Function Following ACL Reconstruction with Hamstring Graft regardless of Tendon Regeneration. *Journal of Sports Science and Medicine*, 21(1). <https://doi.org/10.52082/jssm.2022.91>
18. Labanca, L., Rocchi, J. E., Laudani, L., Guitaldi, R., Virgulti, A., Mariani, P. P., & Macaluso, A. (2018). Neuromuscular Electrical Stimulation Superimposed on Movement Early after ACL Surgery. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 50(3). <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001462>

19. Lewek M, Rudolph K, Axe M, Snyder -Mackler L. El efecto de la fuerza insuficiente del cuádriceps en la marcha después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2002; 17: 56-63
20. Martínez López, J. A. (2020). Propuesta de protocolo de readaptación tras la reconstrucción del ligamento cruzado anterior en fútbol.
21. Meredith, S. J., Rauer, T., Chmielewski, T. L., Fink, C., Diermeier, T., Rothrauff, B. B., Svantesson, E., Hamrin Senorski, E., Hewett, T. E., Sherman, S. L., Lesniak, B. P., Bizzini, M., Chen, S., Cohen, M., Villa, S. della, Engebretsen, L., Feng, H., Ferretti, M., Fu, F. H., ... Wilk, K. (2020). Return to Sport After Anterior Cruciate Ligament Injury: Panther Symposium ACL Injury Return to Sport Consensus Group. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 8(6).
<https://doi.org/10.1177/2325967120930829>
22. Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., Shekelle, P., Stewart, L. A., & PRISMA-P, G. (2015). Elementos de informe preferidos para protocolos de revisión sistemática y metanálisis (PRISMA-P) 2015: elaboración y explicación. *Bmj*.
23. Morrissey, M. C., Brewster, C. E., Shields, C. L., & Brown, M. (1985). The effects of electrical stimulation on the quadriceps during postoperative knee immobilization. *The American Journal of Sports Medicine*, 13(1).
<https://doi.org/10.1177/036354658501300107>
24. Myklebust, G., & Bahr, R. (2005). Return to play guidelines after anterior cruciate ligament surgery. In *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 39, Issue 3).
<https://doi.org/10.1136/bjism.2004.010900>
25. Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Alonso-Fernández, S. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía

actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista española de cardiología*, 74(9), 790-799.

26. Rebai, H., Barra, V., Laborde, A., Bonny, J. M., Poumarat, G., & Coudert, J. (2002). Effects of two electrical stimulation frequencies in thigh muscle after knee surgery. *International Journal of Sports Medicine*, 23(8). <https://doi.org/10.1055/s-2002-35525>
27. Renstrom, P., Ljungqvist, A., Arendt, E., Beynon, B., Fukubayashi, T., Garrett, W., Georgoulis, T., Hewett, T. E., Johnson, R., Krosshaug, T., Mandelbaum, B., Micheli, L., Myklebust, G., Roos, E., Roos, H., Schamasch, P., Shultz, S., Werner, S., Wojtys, E., & Engebretsen, L. (2008). Non-contact ACL injuries in female athletes: An International Olympic Committee current concepts statement. In *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 42, Issue 6). <https://doi.org/10.1136/bjism.2008.048934>
28. Rosenber TD, Franklin JL, Baldwin GN, Nelson KA. Función del mecanismo extensor después de la extracción de un injerto de tendón rotuliano para la reconstrucción del ligamento cruzado anterior. *Soy J Sports Med*. 1992; 20: 519–525; discusión 525–516
29. Shiwa, S. R., Costa, L. O. P., Moser, A. D. de L., Aguiar, I. de C., & Oliveira, L. V. F. de. (2011). PEDro: a base de dados de evidências em fisioterapia. *Fisioterapia em Movimento*, 24(3). <https://doi.org/10.1590/s0103-51502011000300017>
30. Taradaj, J., Halski, T., Kucharzewski, M., Walewicz, K., Smykla, A., Ozon, M., Slupska, L., Dymarek, R., Ptaszkowski, K., Rajfur, J., & Pasternok, M. (2013). The effect of neuromuscular electrical stimulation on quadriceps strength and knee function in professional soccer players: Return to sport after ACL reconstruction. *BioMed Research International*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/802534>

31. Toth, M. J., Tourville, T. W., Voigt, T. B., Choquette, R. H., Anair, B. M., Falcone, M. J., Failla, M. J., Stevens-Lapslaey, 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). <https://doi.org/10.1177/0363546520933622>
32. Waldén, M., Hägglund, M., Magnusson, H., & Ekstrand, J. (2011). Anterior cruciate ligament injury in elite football: A prospective three-cohort study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 19(1). <https://doi.org/10.1007/s00167-010-1170-9>
33. Webster, K. E., & Feller, J. A. (2018). Development and Validation of a Short Version of the Anterior Cruciate Ligament Return to Sport After Injury (ACL-RSI) Scale. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 6(4). <https://doi.org/10.1177/2325967118763763>
34. Zaffagnini, S., Grassi, A., Muccioli, G. M. M., Tsapralis, K., Ricci, M., Bragonzoni, L., della Villa, S., & Marcacci, M. (2014). Return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction in professional soccer players. *Knee*, 21(3). <https://doi.org/10.1016/j.knee.2014.02.005>

ANEXOS

CONFIRMACIÓN DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO FIN DE GRADO Y DE FIN DE MÁSTER

D/D.ª Maria Alejandra Fonseca Sierra, con nº de expediente 22328232 estudiante de Máster en Fisioterapia deportiva

CONFIRMA que el Trabajo Fin de Máster titulado Efecto de un entrenamiento de fuerza con electroestimulación neuromuscular en deportistas con cirugía en ligamento cruzado anterior: Una revisión sistemática

es fruto exclusivamente de su esfuerzo intelectual, y que no ha empleado para su realización medios ilícitos, ni ha incluido en él material publicado o escrito por otra persona, sin mencionar la correspondiente autoría. En este sentido, confirma específicamente que las fuentes que haya podido emplear para la realización de dicho trabajo, si las hubiera, están correctamente referenciadas en el cuerpo del texto, en forma de cita, y en la bibliografía final.

Así mismo, declaro conocer y aceptar que de acuerdo a la Normativa de la Universidad Europea, el plagio del Trabajo Fin de Grado/Máster entendido como la presentación de un trabajo ajeno o la copia de textos sin citar su procedencia y considerándolos como de elaboración propia, conllevará automáticamente la calificación de “suspense” (0) tanto en convocatoria ordinaria como extraordinaria, así como la pérdida de la condición de estudiante y la imposibilidad de volver a matricular esta o cualquier otra asignatura durante 6 meses.

Fecha y firma



Maria Alejandra Fonseca Sierra

ESCUELA DE DOCTORADO E INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID

Los datos consignados en esta confirmación serán tratados por el responsable del tratamiento, UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID, S.L.U., con la finalidad de gestión del Trabajo Fin de Grado/Máster del titular de los datos. La base para el tratamiento de los datos personales facilitados al amparo de la presente solicitud se encuentra en el desarrollo y ejecución de la relación formalizada con el titular de los mismos, así como en el cumplimiento de obligaciones legales de UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID, S.L.U. y el consentimiento inequívoco del titular de los datos. Los datos facilitados en virtud de la presente solicitud se incluirán en un fichero automatizado y mixto cuyo responsable es UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID, S.L.U., con domicilio en la C/ Tajo s/n, Villaviciosa de Odón. Asimismo, de no manifestar fehacientemente lo contrario, el titular consiente expresamente el tratamiento automatizado total o parcial de dichos datos por el tiempo que sea necesario para cumplir con los fines indicados. El titular de los datos tiene derecho a acceder, rectificar y suprimir los datos, limitar su tratamiento, oponerse al tratamiento y ejercer su derecho a la portabilidad de los datos de carácter personal, todo ello de forma gratuita, tal como se detalla en la información completa sobre protección de datos en el enlace <https://universidadeuropea.es/proteccion-de-datos>.