

“EFECTIVIDAD DE DIFERENTES MÉTODOS DE FORTALECIMIENTO MUSCULAR TRAS CIRUGÍA DEL LIGAMENTO  
CRUZADO ANTERIOR”  
Óscar Retortillo Monzó

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ  
FACULTAD DE MEDICINA  
TRABAJO FIN DE GRADO EN FISIOTERAPIA



**UNIVERSITAS**  
*Miguel Hernández*



“EFECTIVIDAD DE DIFERENTES MÉTODOS DE  
FORTALECIMIENTO MUSCULAR TRAS CIRUGÍA DEL  
LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR”

AUTOR: RETORTILLO MONZÓ, ÓSCAR.

Nº expediente: 842

TUTOR: LÓPEZ MATEU, RAMÓN

GRADO DE FISIOTERAPIA

Curso académico 2021/22

Convocatoria de JUNIO

“EFECTIVIDAD DE DIFERENTES MÉTODOS DE FORTALECIMIENTO MUSCULAR TRAS CIRUGÍA DEL LIGAMENTO  
CRUZADO ANTERIOR”  
Óscar Retortillo Monzó



## ÍNDICE

1. RESUMEN .....	4
2. ABSTRACT .....	5
3. INTRODUCCIÓN .....	6
4. OBJETIVOS .....	9
5. MATERIAL Y MÉTODOS.....	10
6. RESULTADOS.....	12
7. DISCUSIÓN.....	13
8. CONCLUSIONES .....	17
9. ANEXOS.....	18
10. BIBLIOGRAFÍA .....	30



## 1. RESUMEN

**Introducción:** El ligamento cruzado anterior (LCA) es un ligamento muy lesivo sobre todo en el ámbito deportivo. 1 de cada 3.000 personas al año sufre rotura de LCA y llega a ser 3 a 6 veces mayor en mujeres que en hombres. De los objetivos en el proceso de rehabilitación será evitar en lo posible la atrofia muscular, aumentar la fuerza muscular, eliminar el dolor, trabajar la estabilidad de la articulación o recuperar la funcionalidad.

**Objetivos:** Valorar la efectividad de los diferentes tratamientos en la mejora de la fuerza de la musculatura del cuádriceps.

**Material y métodos:** Se ha utilizado 3 bases de datos: Pubmed, PEDro y Cochrane combinando los descriptores: Anterior Cruciate Ligament, rehabilitation, neuromuscular electrical stimulation, eccentric, concentric, exercise, plyometric, open closed kinetic chain, blood Flow restriction. Aplicando el operador booleano AND. Artículos en inglés/español de los últimos 10 años.

**Resultados:** Después de los criterios de inclusión/exclusión se han obtenido 21 artículos de ensayos clínicos aleatorizados, de los diferentes tratamientos propuestos donde en todos abordaban la mejora de la fuerza de la musculatura del cuádriceps, de la reducción del dolor, la funcionalidad o la estabilidad de la articulación.

**Conclusiones:** En todos se han encontrado evidencias de mejora de la fuerza de cuádriceps. La mayor efectividad la encontramos tanto en el ejercicio excéntrico/concéntrico junto a la electroestimulación. Es importante un tratamiento temprano a la cirugía, multidisciplinar donde los diferentes tratamientos expuestos son complementarios.

**Palabras clave:**

Tratamiento, LCA, ejercicio, electroestimulación, restricción flujo sanguíneo.

## 2. ABSTRACT

**Introduction:** The anterior cruciate ligament (ACL) is a very damaging ligament, especially in sports. 1 out of every 3,000 people a year suffers from an ACL tear and it is 3 to 6 times higher in women than in men. One of the objectives in the rehabilitation process will be to avoid muscle atrophy as much as possible, increase muscle strength, eliminate pain, work on the stability of the joint or recover functionality.

**Objectives:** To assess the effectiveness of the different treatments in improving the strength of the quadriceps muscles.

**Material and methods:** 3 databases have been used: Pubmed, PEDro and Cochrane combining the descriptors: Anterior Cruciate Ligament, rehabilitation, neuromuscular electrical stimulation, eccentric, concentric, exercise, plyometric, open closed kinetic chain, blood Flow restriction. Applying the boolean operator AND. Articles in English/Spanish from the last 10 years.

**Results:** After the inclusion/exclusion criteria, 21 articles of randomized clinical trials were obtained, of the different treatments proposed, where in all of them they addressed the improvement of the strength of the quadriceps muscles, the reduction of pain, the functionality or the joint stability.

**Conclusions:** Evidence of improvement in quadriceps strength has been found in all of them. The greatest effectiveness is found in both eccentric/concentric exercise together with electrostimulation. It is important an early treatment to surgery, multidisciplinary where the different exposed treatments are complementary.

**Keywords:** Treatment, ACL, exercise, electrostimulation, blood flow restriction.

### 3. INTRODUCCIÓN

La articulación de la rodilla es una articulación compleja, situada en el miembro inferior presenta movilidad en flexión y extensión, y de manera accesoria en rotación cuando la rodilla está en flexión. Compuesta por la articulación femoropatelar (rótula y cóndilos femorales) y la articulación femorotibial (cóndilos femorales y mesetas tibiales). En la rodilla nos encontramos las estructuras que la refuerzan: Ligamento Lateral Interno (LLI) y Ligamento Lateral Externo (LLE), el ligamento cruzado anterior (LCA), el ligamento cruzado posterior (LCP), el menisco interno (MI) y el menisco externo (ME). La presente revisión se va a centrar en LCA.

El LCA tiene como función principal impedir el desplazamiento de la tibia en relación con el fémur. De manera secundaria, colabora en otros objetivos como puede ser la cinemática articular, actuar de estructura estabilizadora controlando en carga la laxitud en varo, en valgo y la rotación y regular los órganos sensores para informar a la musculatura que rodea la articulación influyendo en la dirección y magnitud de las fuerzas sobre las tensiones articulares.

Anatómicamente hablando es un ligamento intraarticular que de manera proximal se origina de la parte posterior de la superficie interna del cóndilo femoral externo y se inserta distalmente en la parte prespinal de la cara superior de la tibia. Presenta una estructura multifibrilar con diferentes fascículos que mantienen diferentes tensiones según la posición en la que se encuentre la rodilla. (1)

La incidencia de rotura de LCA varía dependiendo del tipo de población. 1 de cada 3.000 personas al año sufren de rotura de LCA. Siendo mucho más frecuentes en deportistas. Llega a ser entre 3 y 6 veces más frecuentes en mujeres que en hombres. (2)

La rotura del ligamento cruzado anterior es una de las más incapacitantes y comunes del deporte. Su aparición lleva consigo un elevado tiempo de baja deportiva, apartando al deportista de la práctica deportiva.

Más del 70% de estas lesiones no se producen por situaciones de contacto. El ligamento se daña durante acciones donde no choca con otro atleta, sino que se produce por un movimiento brusco (caída

después de un salto, una frenada, un giro, una parada y un cambio de ritmo...se fuerza la rotación y la torsión en valgo) (Voskanian 2013). (3)

Encontramos factores de riesgo intrínsecos como puede ser el sexo (mujeres>hombres), la edad, el déficit de fuerza entre extremidades y factores extrínsecos como la superficie del juego o el material. Muneta y colaboradores encontraron que el área transversal del LCA es significativamente mayor en hombres, lo que sugiere que un menor diámetro del LCA en mujeres puede ser un factor de riesgo para ruptura. El ángulo Q, cuyo valor normal es de 8 a 17°, es consistentemente mayor en las mujeres. Este aumento se atribuye a que, en promedio, la pelvis de la mujer es más ancha y el fémur más corto que en el hombre. Al existir un ángulo Q elevado aumenta el estrés medial sobre los ligamentos de la rodilla. La población de atletas con lesión del LCA tiene un ángulo Q aumentado en relación con los atletas no lesionados. (Loudon et al). Yu y colaboradores concluyeron que en las mujeres atletas, el ciclo menstrual produce cambios tempranos en la proliferación y síntesis de fibroblastos y procolágeno tipo I en el LCA, lo que puede predisponer a las mujeres atletas a sufrir lesiones. (4)

Si continuamos buscando factores de riesgo se ha encontrado que los atletas con niveles bajos de rendimiento neurocognitivo inicial demuestran un rendimiento neuromuscular deficiente durante el aterrizaje respecto a otros atletas, por lo que pueden tener un mayor riesgo de lesión. (5)

La decisión sobre el tratamiento, quirúrgico o conservador, dependerá de diferentes variables. Son fundamentales el grado de inestabilidad y limitación funcional de la rodilla, el grado de actividad deportiva que desarrolla el paciente, la presencia de lesiones asociadas, la edad y las circunstancias sociales, familiares y económicas del paciente.

El éxito del tratamiento quirúrgico dependerá también de muchas variables, entre las que destacamos las propiamente quirúrgicas (técnica de elección, tipo de injerto seleccionado, tensión aplicada al injerto) y las que se derivan del proceso de rehabilitación y readaptación en actividades de la vida diaria o en el deporte. Estas últimas son de igual o mayor importancia que las primeras.

Si se decide operar, se trata de una cirugía agresiva, realizada por artroscopia donde el postoperatorio puede durar de 7 a 9 meses. Los cirujanos sustituyen el material lesionado por un injerto de tejido que puede ser del mismo paciente o donado por otra persona, llamado aloinjerto. Este tejido puede ser del

principal tendón rotuliano o del isquiotibial(semi-tendinoso). El procedimiento será retirar el ligamento dañado y realizar unos túneles en tibia y fémur para pasar el injerto nuevo de ligamento que deberá ponerse en la misma posición para seguir cumpliendo con las funciones que realizaba antes de romperse. (6)

Una vez detectado la rotura de LCA y la decisión de pasar por quirófano, la fisioterapia cobra gran relevancia. Es muy importante la fase previa a la cirugía en la cual se comenzará el tratamiento. Una vez se pasa por el quirófano viene una de las fases finales de todo el proceso que es el postoperatorio. La situación más común tras cirugía de LCA será la atrofia muscular y déficit de fuerza del cuádriceps.

Existen varios protocolos de tratamiento tras la cirugía del LCA sin que ninguno de ellos haya demostrado superioridad frente al resto. Todos ellos tienen en común los principios básicos de un tratamiento de fisioterapia postquirúrgico: proteger la plastia, recuperar movilidad, recuperar funcionalidad, mejorar la fuerza muscular... Con este objetivo hay varios métodos de fortalecimiento muscular: ejercicios acciones de cadena cinética abierta o cerrada, trabajo de propiocepción, electroestimulación, ejercicio excéntrico-concéntrico, pliometría...

Estudiaremos la electroestimulación, el ejercicio concéntrico-excéntrico, ejercicio pliométrico, ejercicio en cadena abierta-cerrada y la restricción de flujo sanguíneo. El objetivo será estudiar varios métodos de fortalecimiento muscular, comparar si uno es más efectivo que otro en la mejora de la fuerza del cuádriceps y a su vez, mejorar su proceso de rehabilitación.

Dentro de todos los protocolos que podemos encontrar, se va a analizar si hay una evidencia de un tratamiento sobre otro, si alguno es prescindible o si se tienen que complementar para conseguir una rehabilitación satisfactoria. También se dará importancia a los plazos en los que es óptimo cada tratamiento o no hay diferencias significativas entre ellos.



## 4. OBJETIVOS

Se va a desarrollar la pregunta PICO.

En los pacientes operados de ligamento cruzado, ¿Qué método de fortalecimiento es más efectivo para mejorar la fuerza del cuádriceps?

Participants o Participantes- Pacientes operados de ligamento cruzado

Intervention o Intervención- Métodos de fortalecimientos.

Comparasion o Comparación- Comparar unos métodos de fortalecimiento con otros.

Outcome o Resultados- Fuerza del cuádriceps

Los pacientes que se utilizan en esta revisión son pacientes operados de ligamento cruzado. La intervención y la comparación van a ser los diferentes tratamientos que se han encontrado. Sobre los resultados es valorar el fortalecimiento del cuádriceps en cualquiera de los resultados que se encuentran.

El objetivo principal será: Realizar una revisión bibliográfica para establecer los métodos de fortalecimiento más efectivos para el músculo cuádriceps femoral tras la cirugía del LCA.

Objetivos específicos:

- Analizar si los tratamientos benefician otros aspectos como la funcionalidad o la reducción del dolor.
- Estudiar los diferentes métodos y qué beneficios encontramos en cada uno de ellos.
- Analizar si los métodos de fortalecimiento son complementarios en el proceso de recuperación.
- Descartar los posibles métodos de fortalecimiento que no sean beneficiosos.

## 5. MATERIAL Y MÉTODOS.

Queda reflejado que el estudio ha sido aprobado por la Oficina de Investigación Responsable de la Universidad Miguel Hernández de Elche con el COIR de los TFGS:

**TFG.GFI.RLM.ÓRM.220530.**

Estrategia de búsqueda:

Las fechas en las que se realizó la búsqueda fue entre los meses de febrero a abril del 2022.

La metodología utilizada para la revisión bibliográfica de este trabajo final de grado se ha basado en una búsqueda de artículos científicos en diferentes bases de datos: Pubmed, Pedro y Cochrane.

Las palabras claves han sido las siguientes: Anterior Cruciate Ligament, reconstruction, rehabilitation, neuromuscular electrical stimulation, eccentric, concentric, exercise, plyometric, open closed kinetic chain, blood Flow restriction. Aplicando el operador booleano AND.

Selección de artículos.

Criterios de Inclusión:

- Ensayo clínico.
- Ensayo controlado aleatorio.
- Inglés/Español.
- Últimos 10 años.

Criterios de Exclusión:

- Revisión.
- Revisión sistemática.
- Libros y Documentos.

“EFECTIVIDAD DE DIFERENTES MÉTODOS DE FORTALECIMIENTO MUSCULAR TRAS CIRUGÍA DEL LIGAMENTO  
CRUZADO ANTERIOR”  
Óscar Retortillo Monzó

- Meta-análisis.
- Publicados antes del 2012.
- Pedro- Todos los documentos que no estuvieran valorados con más de 5 en la escala Pedro.
- Artículos que no traten algunos de los métodos de tratamiento para fortalecimiento del cuádriceps femoral tras cirugía del LCA.
- Artículos repetidos.

Los resultados encontrados se representan en el diagrama de flujo que se puede observar a los anexos (Tabla 1).

Se encontraron entre las 3 bases de datos hasta 414 artículos con los métodos de búsqueda. Una vez añadidos los criterios de exclusión nos quedamos con 15 artículos en Pubmed, 4 artículos en PEDro y 2 artículos en Cochrane, siendo un resultado total de 21 artículos.

Para valorar la calidad metodológica de los artículos se utilizó la escala PEDro para los ensayos clínicos aleatorizados (Tabla 2).

La escala PEDro se compone de 11 ítems para conocer su validez interna (criterios 2 al 9) y suficiente información estadística para hacer que sus resultados sean interpretables (criterios 10 y 11).

## 6. RESULTADOS.

En la búsqueda encontrada hemos diferenciado en un gráfico el nº de artículos con el tipo de tratamiento para la mejora del cuádriceps (Gráfico 1).

Se ha obtenido 6 artículos dónde el estudio se realiza sobre el ejercicio excéntrico y concéntrico, 5 de los que el objetivo es la electroestimulación, 4 donde se investiga con restricción del flujo sanguíneo, 2 de los cuales son de pliometría y 1 único artículo donde se trabaja con cadena cinética abierta. Hay 3 artículos que combina dos de los tratamientos que hemos clasificado: el artículo 8 que combina ejercicio excéntrico y cadena cinética abierta, el artículo 18 con un tratamiento neuromuscular (pliometría/concéntrico-excéntrico) y el artículo 20 que combina el ejercicio excéntrico y un programa pliométrico. En los anexos se ha elaborado una tabla donde resume cada estudio encontrado (tabla 3).

Se extrajo información de todos ellos tanto del objetivo principal a analizar, como de la mejora de la fuerza del cuádriceps (tabla 4 y gráfico 2), como de otros aspectos importantes como puede ser la mejora de la funcionalidad o reducción del dolor, y de si adelantar ciertos tratamientos en su rehabilitación va a mejorar en su recuperación.

Por último, los 21 estudios seleccionados son ensayos clínicos aleatorizados (ECA) y así se han clasificado junto con el objetivo de cada uno de ellos (tabla 5). En ellos siempre hay un grupo control, un grupo experimental o dos grupos experimentales en algunas ocasiones (artículo 10, 11, 15 y 20) y un artículo donde hay 2 grupos control y 2 grupos experimentales (artículo 12).

## 7. DISCUSIÓN

Esta revisión tiene como objetivo principal analizar los diferentes tratamientos para la mejora de la fuerza del cuádriceps y su efectividad, así como si destaca un método sobre otro o si pueden ser complementarios. En todos los resultados obtenidos en la búsqueda se pueden sacar conclusiones positivas de los métodos de fortalecimiento como así en sus diferentes tratamientos.

De algunos métodos de fortalecimiento se ha obtenido menos información concreta como puede ser del ejercicio en cadena cinética abierta o del ejercicio pliométrico. Son métodos que se podrán incorporar dentro de otros tratamientos para una mejor rehabilitación.

### **Mejora de la fuerza del cuádriceps**

En casi la totalidad de los autores hay coincidencia en la mejora de fuerza de cuádriceps.

**Chmielewski, et al.** (7) expresan que aunque no haya diferencias entre grupo experimental (pliometría de alta intensidad) y control (pliometría baja intensidad) sí que hay normalización de la fuerza muscular. **Amelia et al** (8) reconocen que con el trabajo pliométrico, las mujeres necesitan un mayor fortalecimiento que los hombres también por una disimetría de las extremidades. **Taradaj et al.** (9) cuantifica la mejora de la fuerza con la electroestimulación temprana acompañada de ejercicio en un 28,7% frente a un 4,6% y **Toth et al.** (10) dice que reduce la atrofia muscular en las fibras rápidas y que preservó la contractibilidad de las fibras lentas.

**Milandri et al.** (11), **Kinikly et al.** (12), **Friedmann-Bette et al.** (13), **Harput et al.** (14) y **Papandreou et al.** (15) son algunos de los que demuestran que tanto el ejercicio excéntrico y concéntrico mejoran la fuerza del cuádriceps y reducen la atrofia durante las primeras etapas de la rehabilitación. Mientras, **Vidmar et al** (16) asegura que el entrenamiento excéntrico con cadena cinética abierta es una estrategia segura para la recuperación y el fortalecimiento del cuádriceps. Pero no todos los estudios demuestran que la mejora de la fuerza del cuádriceps es significativa.

**Curran et al.** (17) comenta que no se mejoró significativamente la mejora en la fuerza en el grupo experimental respecto al grupo control, con un tratamiento de restricción del flujo sanguíneo.

**Erickson et al.** (18) no deja clara la mejora de la fuerza del cuádriceps pero sí dice que pueden contribuir a la orientación para la elección del tratamiento para la pérdida de fuerza prolongada del cuádriceps. Por otro lado, **Hugues et al.** (19) expresa que la restricción del flujo sanguíneo puede mejorar la hipertrófia y la fuerza muscular a un tratamiento convencional, pero en ninguno de los casos lo afirma de una manera contundente.

**Kacin et al.** (20) muestra unos resultados que concluyen con una mejora de la fuerza y resistencia en los extensores de rodilla.

**Fukuda et al.** (21) reconoció una recuperación más rápida en la fuerza del cuádriceps en ejercicios de cadena cinética abierta temprana (4<sup>o</sup> semana después de la operación) que el grupo control (12<sup>o</sup> semana después de la operación).

En cambio, **Zult et al.** (22) explicó que el entrenamiento convencional mejora la fuerza máxima del cuádriceps mientras que la educación cruzada no aceleró el proceso de recuperación.

**Ghaderi et al.** (23) no midió la fuerza del cuádriceps, pero sí llegó a la conclusión que las fuerzas de los músculos cuádriceps e isquiotibiales contribuyen a la fuerza de cizallamiento neta en la articulación tibio femoral, y, por lo tanto, tienen implicaciones importantes para el LCA en jurado durante tareas funcionales como el aterrizaje con salto. Se postula que la disminución de la fuerza de corte tibial y la tasa de carga podría ser los resultados de la función dinámica mejorada de los cuádriceps y los isquiotibiales después de 8 semanas de entrenamiento. **Kasmi et al.** (24) solo pudo condicionar que con un aumento de la masa, correspondientemente con un aumento de la fuerza y una combinación de ejercicio neuromuscular podría ser beneficioso.

**Ogrodzka-Ciechanowicz et al.** (25) y con un tratamiento de electroestimulación se volvió a demostrar que el uso del HitoP tiene efectos beneficiosos para la fuerza del cuádriceps.

Por último, **Labanca et al.** (26) en un segundo estudio concluyen que el EMS sí que mejora la fuerza del cuádriceps a los 60 días después de la operación y en siguientes procesos de estudio.

### **Reducción del dolor y mejora de la funcionalidad.**

Son dos de los aspectos que más aparecen en los resultados de los estudios. El objetivo principal que se propuso al inicio de la revisión era la mejora de la fuerza del cuádriceps. Otros de los objetivos eran la reducción del dolor y la mejora de la funcionalidad. Aunque son 3 aspectos que tienen bastante interrelación, no siempre se han cumplido todos los objetivos o los autores no han realizado tanto hincapié sobre ese aspecto.

**Ogrodzka-Ciechanowicz et al.** (25) en su estudio con el aparato HitoP no diferencia entre los diferentes grupos la reducción del dolor, sin saber si su efecto es positivo o no.

**Kinikly et al.** (12) en su caso sí que afirma que mejora la funcionalidad un programa de rehabilitación progresivo sobre ejercicios excéntricos y concéntricos. Al igual que **Labanca et al.** (27) y **Amelia et al.** (8) que con la electroestimulación disminuyó la sensación del dolor y con el ejercicio pliométrico consiguió eliminar el dolor respectivamente.

### **Beneficios según tratamientos**

En esta revisión se han utilizado diferentes tratamientos de estudio para la mejora de la fuerza del cuádriceps en el proceso de recuperación tras una cirugía de ligamento cruzado anterior. Por un lado, se han obtenido mayores resultados en la búsqueda de algunos tratamientos que de otros. No necesariamente significa que cuantos más resultados se obtengan mayor efectividad tienen. En el tratamiento de cadena cinética abierta o cerrada se ha obtenido un único ensayo o de ejercicio pliométrico donde se han obtenido dos ensayos. Son tratamientos que se incluyen dentro de otros tratamientos convencionales o se combinan entre sí.

En cuanto a la electroestimulación se han obtenido un gran número de resultados con altos porcentaje de mejora en la fuerza, función o recuperación de la rodilla. En esos resultados prima el temprano uso del EMS en el proceso de recuperación, evitando la atrofia muscular y ganando fuerza cuando se puede combinar con ejercicio. En el entrenamiento excéntrico y concéntrico se encuentran grandes signos de mejora también, apenas diferencias entre uno y otro.

Por último, la restricción de flujo sanguíneo es uno de los tratamientos más novedosos y con más incertidumbre por el momento. Parece que puede ser beneficioso pero los resultados no están claros. Algunos de los inconvenientes son que las muestras son pequeñas debe tener mayor población en próximos estudios, es una elección peligrosa que debería estar controlada por maquinaria o personal sanitario correspondiente, hay que considerar otras intensidades y otras frecuencias de entrenamiento que puedan ser efectivas para próximos estudios.

### **Posibles daños o tratamientos perjudiciales**

**Chmielewski et al (7)** en su estudio pliométrico con el grupo de alta intensidad se necesitan más investigación a largo plazo para determinar si el ejercicio pliométrico de alta intensidad tiene efectos negativos sobre el cartílago articular para articulación de la rodilla.

**Kacin et al (20)** avisaba durante el estudio de diferenciar el dolor de la articulación a dolor del músculo. Ese dolor es causado por un torniquete que se realiza para que la sangre no haga el retorno venoso durante la prueba. Se está creando una hipoxia en el músculo. Esa hipoxia con un tiempo excesivo puede ser perjudicial para la salud.

### **Limitaciones:**

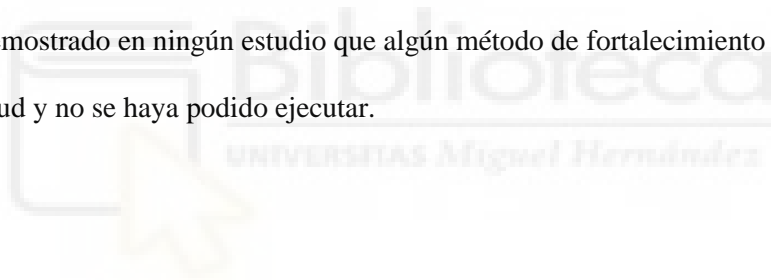
Entre las limitaciones encontradas en esta revisión sistemática podemos destacar que la calidad de los estudios incluidos es moderada, por lo que son necesarios más ensayos aleatorizados de alta calidad para poder concluir la efectividad de los diferentes tratamientos de fisioterapia. Los resultados deben ser interpretados con cautela debido al tamaño muestral ya que la población es baja en líneas generales. No se ha podido tampoco realizar una comparación objetiva de los estudios seleccionados ya que en todos los tratamientos se combinan ejercicios convencionales con el método a estudiar.



## 8. CONCLUSIONES

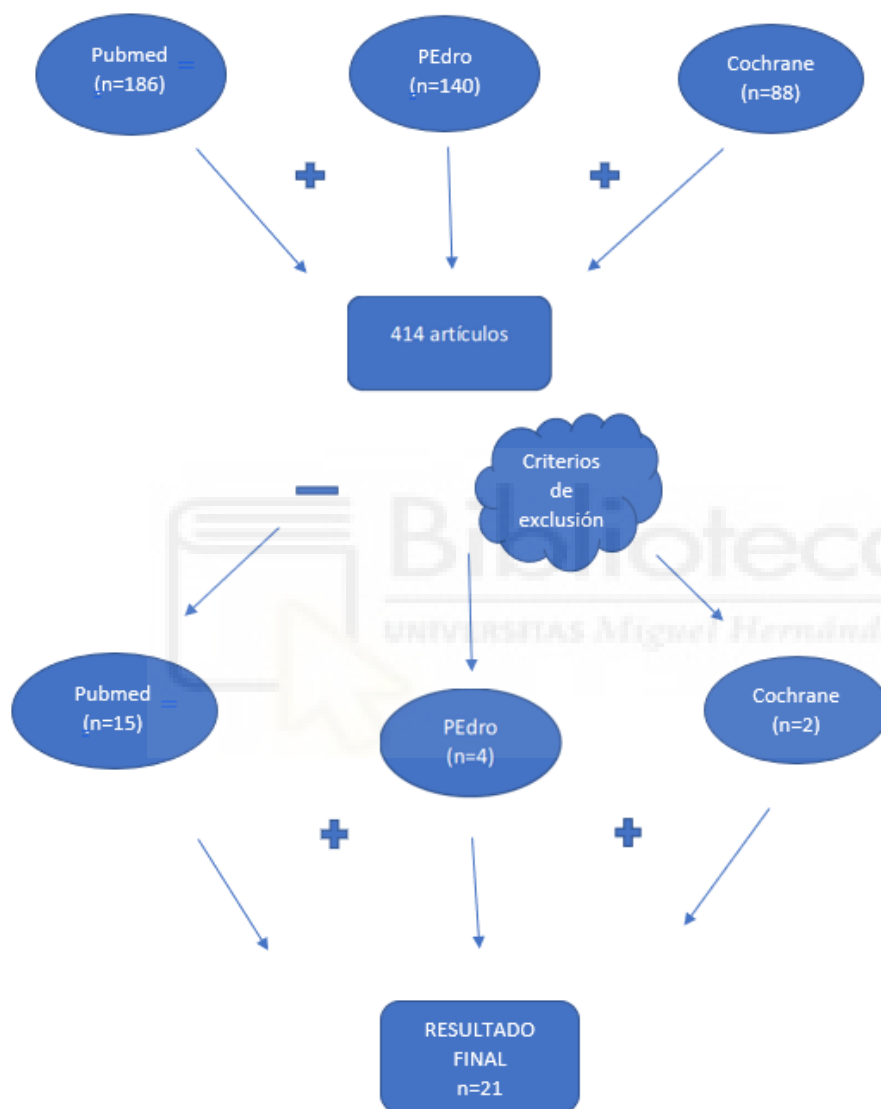
Los resultados de este estudio demuestran que los diferentes tratamientos son efectivos en la mejora de la fuerza del cuádriceps y podemos sacar las siguientes conclusiones.

- Todos los métodos de fortalecimiento encontrados ofrecen mejora de la fuerza de la musculatura del cuádriceps.
- Los distintos tratamientos también ofrecen beneficios como puede ser la funcionalidad, aumento de masa muscular, reducción de dolor o mejora de la fuerza en flexores de rodilla.
- La combinación de todos los métodos estudiados en esta revisión sería el mejor tratamiento de fortalecimiento de cuádriceps. Un tratamiento multidisciplinar en el cual los mayores beneficios estarán asegurados.
- No está demostrado en ningún estudio que algún método de fortalecimiento sea perjudicial para la salud y no se haya podido ejecutar.



## 9. ANEXOS

Tabla 1. Diagrama de flujo.



“EFECTIVIDAD DE DIFERENTES MÉTODOS DE FORTALECIMIENTO MUSCULAR TRAS CIRUGÍA DEL LIGAMENTO  
CRUZADO ANTERIOR”  
Óscar Retortillo Monzó

**Tabla 2. Calidad metodológica de los artículos seleccionados según escala PEDro**

Escala PEDro/Nº Artículo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Los criterios de elección fueron especificados	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
La asignación fue oculta	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Los grupos fueron similares al inicio con relación a los indicadores de pronóstico más importantes	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Todos los sujetos fueron cegados	NO	NO	NO	NO	SÍ	NO	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados	SÍ	SÍ	NO	NO	SÍ	NO	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por “intención de tratar”	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
<b>Total puntos</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>11</b>

1 = Los criterios de elección fueron especificados ; 2 = Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos; 3 = La asignación fue oculta; 4 = Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes; 5 = Todos los sujetos fueron cegados; 6 = Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados; 7 = Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado fueron cegados; 8 = Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos asignados en los grupos; 9 = Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control; 10 = Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave; 11 = El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave.

“EFECTIVIDAD DE DIFERENTES MÉTODOS DE FORTALECIMIENTO MUSCULAR TRAS CIRUGÍA DEL LIGAMENTO  
CRUZADO ANTERIOR”  
Óscar Retortillo Monzó

TABLA 3. Resumen resultados obtenidos por estudio.	
<b>Artículo 1. Low- Versus High-Intensity Plyometric Exercise During Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. (7)</b>	
Autor/Año	Chmielewski et al. 2016
Muestra	n=24
Tipo de Estudio	Ensayo controlado aleatorizado
Puntuación escala PEDro	9/11
Intervención	Pliometría. 2 grupos, grupo control de baja intensidad y grupo experimental de alta intensidad. Ejercicio pliométrico: carrera, salto y agilidad.
Dosificación	2 veces por semana durante 8 semanas (16 visitas)
Resultados	No hubo diferencias entre baja y alta intensidad. Tuvo efectos positivos en la rodilla. Mejoró la función, disminuyó el dolor y normalización fuerza del cuádriceps.
<b>Artículo 2. Functional and Patient-Reported Outcomes Improve Over the Course of Rehabilitation: A Secondary Analysis of the ACL-SPORTS Trial. (8)</b>	
Autor/Año	Amelia et al. 2018
Muestra	n=79
Tipo de Estudio	Ensayo controlado aleatorizado
Puntuación escala PEDro	10/11
Intervención	Pliometría. 1 grupo control SAP, (prevención secundaria, agilidad y pliometría) y 1 grupo experimental SAP+PERT, (prevención secundaria, agilidad y pliometría con la adición de entrenamiento perturbador). A su vez, divididos en hombres y mujeres cada grupo. Entrenamiento: Isquiotibiales nórdicos, sentadilla de pie, salto con caída, salto triple con una sola pierna, ejercicios de salto con flexión y ejercicios de agilidad progresiva.
Dosificación	2 veces por semana durante 5 semanas.
Resultados	Lograron simetría cuádriceps. No tenían dolor y derrame mínimo. Mujeres necesitan mayor fortalecimiento que los hombres. Mejora de los hombres de la fuerza del cuádriceps y simetría de las extremidades, mientras que en las mujeres no.
<b>Artículo 3. The Effect of NeuroMuscular Electrical Stimulation on Quadriceps Strength and Knee Function in Professional Soccer Players: Return to Sport after ACL Reconstruction (9)</b>	
Autor/Año	Taradaj et al. 2013
Muestra	n=80
Tipo de Estudio	Ensayo clínico aleatorizado
Puntuación escala PEDro	8/11
Intervención	Electro. 2 grupos: 1 grupo control que realiza ejercicio y 1 grupo experimental que realiza ejercicio y EMS
Dosificación	3 sesiones durante 1 mes.
Resultados	La fuerza muscular aumentó en el grupo experimental un 28,7% versus 4,6% del grupo control. Aumentó la potencia y la masa muscular. La circunferencia del lado afecto aumentó de 56,5 a 57,9 cm (1,4% = 0,03) y en el grupo B aumentó de 56,2 a 57,1 cm (0,6% = 0,05).
<b>Artículo 4. Neuromuscular Electrical Stimulation Superimposed on Movement Early after ACL Surgery. (10)</b>	
Autor/Año	Labanca et al. 2018
Muestra	n=63
Tipo de Estudio	Ensayo controlado aleatorizado
Puntuación escala PEDro	9/11
Intervención	Electro. 3 grupos. 1 grupo control sin tratamiento adicional, 1 grupo experimental secundario que tiene ejercicios adicionales y 1 grupo experimental primario que tiene ejercicios adicionales y EMS.

“EFECTIVIDAD DE DIFERENTES MÉTODOS DE FORTALECIMIENTO MUSCULAR TRAS CIRUGÍA DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR”

Óscar Retortillo Monzó

Dosificación	El entrenamiento duró de los días 15 a 60 y consistió en cinco sesiones a la semana.
Resultados	Los participantes que combinaron el EMS, mayor fuerza en extensores de rodilla, menor percepción de dolor y mayor simetría de las cargas en miembros inferiores.
<b>Artículo 5. Utility of Neuromuscular Electrical Stimulation to Preserve Quadriceps Muscle Fiber Size and Contractility Following Anterior Cruciate Ligament Injury and Reconstruction: A Randomized, Sham-Controlled, Blinded Trial. (11)</b>	
Autor/Año	Toth et al. 2020
Muestra	n=25
Tipo de Estudio	Ensayo controlado aleatorizado
Puntuación escala PEDro	11/11
Intervención	Electro. 1 grupo control con simulación de EMS y 1 grupo experimental con EMS.
Dosificación	3 semanas después de la lesión hasta 3 semanas después de la cirugía. Se interrumpió justo antes de la cirugía hasta las 72 horas después de la cirugía. 5 días a la semana, durante 60 minutos.
Resultados	Uso temprano de EMS reduce la atrofia muscular en las fibras de MHCI y preservó la contractibilidad de las fibras MHCI. Demuestra que modifica las malas adaptaciones del músculo.
<b>Artículo 6. A Randomized Controlled Trial of Eccentric Versus Concentric Cycling for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Rehabilitation. (12)</b>	
Autor/Año	Milandri et al. 2021
Muestra	n=26
Tipo de Estudio	Ensayo controlado aleatorizado
Puntuación escala PEDro	8/11
Intervención	Ejercicio excéntrico/concéntrico. 2 grupos, grupo experimental ejercicio excéntrico y 1 grupo control concéntrico. Las pruebas incluyeron cuestionarios, pruebas de fuerza con dinamómetro y análisis de la marcha de caminar/correr. La dosis de ejercicio se comparó en frecuencia, tiempo, progresión e intensidad de entrenamiento utilizando una calificación objetivo de esfuerzo percibido.
Dosificación	3 veces por semana durante 8 semanas.
Resultados	El ejercicio excéntrico aumentó los ángulos de flexión de la rodilla y la cadera más que el concéntrico, aunque no más que la diferencia mínima clínicamente importante de 3. El ángulo de rotación tibial aumentó en ambos grupos, pero el entrenamiento concéntrico fue más eficaz para promover la simetría. Ambos grupos tuvieron aumentos similares en la fuerza del cuádriceps de la extremidad afectada y en los momentos de flexión de la rodilla durante la marcha de caminata/carrera. La fuerza de los isquiones aumentó en el grupo excéntrico, pero no en el concéntrico.
<b>Artículo 7. The effect of progressive eccentric and concentric training on functional performance after autogenous hamstring anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled study (13)</b>	
Autor/Año	Kinikly et al. 2014
Muestra	n=33
Tipo de Estudio	Ensayo controlado aleatorizado
Puntuación escala PEDro	9/11
Intervención	Ejercicio excéntrico/concéntrico. 1 Grupo control y 1 grupo estudio, realizaron el mismo programa de rehabilitación. El grupo estudio además siguió un entrenamiento excéntrico y concéntrico progresivo.
Dosificación	Entrenamiento durante 12 semanas con 3 sesiones por semana.
Resultados	Agregar un programa de ejercicios excéntricos y

“EFECTIVIDAD DE DIFERENTES MÉTODOS DE FORTALECIMIENTO MUSCULAR TRAS CIRUGÍA DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR”

Óscar Retortillo Monzó

	concéntricos progresivos a la rehabilitación estándar puede mejorar los resultados funcionales después de la reconstrucción del LCA con injertos autógenos de isquiotibiales.
<b>Artículo 8. Isokinetic eccentric training is more effective than constant load eccentric training for quadriceps rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial. (14)</b>	
<b>Autor/Año</b>	Vidmar et al. 2019
<b>Muestra</b>	n=30
<b>Tipo de Estudio</b>	Ensayo controlado aleatorizado
<b>Puntuación escala PEDro</b>	11/11
<b>Intervención</b>	1 Grupo control y 1 grupo experimental (isocinético). Evaluaciones de la masa muscular del cuádriceps, de la fuerza y la funcionalidad autoconsciente. Grupo experimental con un dinamómetro: 3 o 4 series de 10 concentraciones excéntricas extensoras de rodilla de máxima intensidad. El grupo control participaron en un programa de entrenamiento excéntrico convencional utilizando una silla extensora.
<b>Dosificación</b>	2 sesiones a la semana durante 6 semanas.
<b>Resultados</b>	Los resultados apoyan el uso del entrenamiento excéntrico de cadena cinética abierta como una estrategia segura y efectiva para la rehabilitación del músculo cuádriceps después de la reconstrucción del LCA. El entrenamiento excéntrico isocinético promovió mayores respuestas que el convencional en la masa muscular y la fuerza del cuádriceps de atletas recreativos sometidos a reconstrucción del LCA.
<b>Artículo 9. Strength Training Effects on Muscular Regeneration after ACL Reconstruction (15)</b>	
<b>Autor/Año</b>	Friedmann-Bette et al. 2018
<b>Muestra</b>	n=68
<b>Tipo de Estudio</b>	Ensayo controlado aleatorizado.
<b>Puntuación escala PEDro</b>	11/11
<b>Intervención</b>	1 Grupo control entrenamiento de fuerza de cuádriceps con prensa de piernas convencional de trabajo excéntrico/concéntrico y 1 grupo experimental de entrenamiento de prensa de piernas guiado por computadora con sobrecarga excéntrica. 6 series de 8 repeticiones al máximo.
<b>Dosificación</b>	2 veces por semana durante 12 semanas.
<b>Resultados</b>	Entrenamiento con sobrecarga excéntrica es más eficiente que el entrenamiento convencional. Aumenta la masa muscular y la fuerza en los músculos del cuádriceps. El aumento en la fuerza del cuádriceps no mejoró después del entrenamiento con sobrecarga excéntrica en comparación con entrenamiento de prensa de piernas convencional. La falta de diferencia en el desarrollo de la fuerza del cuádriceps entre ambos grupos de entrenamiento podría explicarse, al menos en parte, por la sorprendente y significativa aumento en la proporción de fibras tipo I en el grupo de entrenamiento.
<b>Artículo 10. Cross-Exercise on Quadriceps Deficit after ACL Reconstruction (16)</b>	
<b>Autor/Año</b>	Papandreou et al. 2012
<b>Muestra</b>	n=42
<b>Tipo de Estudio</b>	Ensayo controlado aleatorizado
<b>Puntuación escala PEDro</b>	11/11
<b>Intervención</b>	Ejercicio excéntrico/concéntrico. 2 grupos experimentales con entrenamiento excéntrico y 1 grupo control con programa convencional.
<b>Dosificación</b>	5 días a la semana durante 8 semanas de grupo experimental (B) y grupo control (C). 3 días a la semana durante 8 semanas de grupo experimental (A)

“EFECTIVIDAD DE DIFERENTES MÉTODOS DE FORTALECIMIENTO MUSCULAR TRAS CIRUGÍA DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR”

Óscar Retortillo Monzó

<b>Resultados</b>	Este estudio demostró que la EEC utilizada como complemento del programa de rehabilitación tradicional del LCA en las primeras etapas de la reconstrucción mejora el déficit de fuerza muscular del cuádriceps.
<b>Artículo 11. Cross-education improves quadriceps strength recovery after ACL reconstruction: a randomized controlled trial (17)</b>	
<b>Autor/Año</b>	Harput et al. 2018
<b>Muestra</b>	n=48
<b>Tipo de Estudio</b>	Ensayo controlado aleatorizado
<b>Puntuación escala PEDro</b>	11/11
<b>Intervención</b>	Ejercicio excéntrico/concéntrico. 3 grupos: Experimental concéntrico (1), experimental excéntrico (2) y control (3).
<b>Dosificación</b>	3 días a la semana durante 8 semanas.
<b>Resultados</b>	El fortalecimiento del cuádriceps concéntrico y excéntrico de extremidades sanas en fases tempranas de rehabilitación del LCA mejoró la recuperación de la fuerza del cuádriceps posquirúrgico de la extremidad reconstruida. El ejercicio excéntrico debe integrarse en la rehabilitación de reconstrucción del LCA, especialmente en las primeras fases de rehabilitación para restaurar la fuerza del cuádriceps.
<b>Artículo 12. Blood Flow Restriction Training Applied With High-Intensity Exercise Does Not Improve Quadriceps Muscle Function After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. (18)</b>	
<b>Autor/Año</b>	Curran et al. 2020
<b>Muestra</b>	n=34
<b>Tipo de Estudio</b>	Ensayo controlado aleatorizado.
<b>Puntuación escala PEDro</b>	7/11
<b>Intervención</b>	Restricción de Flujo Sanguíneo. 4 grupos, 2 experimentales (concéntrico+RFS y excéntrico+RFS) y 2 control (concéntrico y excéntrico). Realizaran una prensa de piernas isocinética con una sola pierna. Los de RFS lo realizaron el ejercicio de prensa de piernas con un manguito aplicado al muslo, ajustado a una presión de oclusión de la extremidad del 80 %.
<b>Dosificación</b>	2 veces por semana durante 8 semanas.
<b>Resultados</b>	Los grupos experimentales de 8 semanas más una intervención de ejercicio de alta intensidad no mejoró significativamente la fuerza, la activación o el volumen del músculo cuádriceps. Sobre la base de nuestros hallazgos, el uso de BFRT junto con ejercicios de fuerza de alta intensidad en pacientes sometidos a ACLR para mejorar la función del músculo cuádriceps puede no estar justificado.
<b>Artículo 13. Effect of Blood Flow Restriction Training on Quadriceps Muscle Strength, Morphology, Physiology, and Knee Biomechanics Before and After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Protocol for a Randomized Clinical Trial. (19)</b>	
<b>Autor/Año</b>	Erickson et al. 2018
<b>Muestra</b>	n=60
<b>Tipo de Estudio</b>	Ensayo clínico aleatorizado
<b>Puntuación escala PEDro</b>	10/11
<b>Intervención</b>	Restricción flujo sanguíneo. 1 grupo experimental, fisioterapia más activa junto a RFS y 1 grupo control, fisioterapia más RFS placebo. Medida de resultado primaria: fuerza del cuádriceps
<b>Dosificación</b>	3 veces por semana durante 4 (LCA) a 5 meses (LCA + menisco).
<b>Resultados</b>	Los resultados de este estudio pueden contribuir a mejorar la orientación del tratamiento para la pérdida prolongada de la fuerza del cuádriceps asociada con la lesión del LCA y su reconstrucción.
<b>Artículo 14. Comparing the Effectiveness of Blood Flow Restriction and Traditional Heavy Load Resistance Training in the Post-Surgery Rehabilitation of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Patients: A UK National Health Service Randomised Controlled Trial. (20)</b>	

“EFECTIVIDAD DE DIFERENTES MÉTODOS DE FORTALECIMIENTO MUSCULAR TRAS CIRUGÍA DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR”

Óscar Retortillo Monzó

Autor/Año	Hugues et al. 2019
Muestra	n=28
Tipo de Estudio	Ensayo controlado aleatorizado
Puntuación escala PEDro	11/11
Intervención	Restricción Flujo Sanguíneo. 1 Grupo experimental de RFS y 1 grupo control de entrenamiento de resistencia a cargas pesadas. Se examinará hipertrofia muscular, la fuerza, la función física y el dolor y derrame de rodilla durante un programa de rehabilitación.
Dosificación	2 veces por semana durante 8 semanas (16 sesiones).
Resultados	La restricción del flujo sanguíneo puede mejorar la hipertrofia y la fuerza del músculo esquelético en un grado similar al del grupo control, con una mayor reducción del dolor y la efusión de las articulaciones de la rodilla, lo que conduce a mayores mejoras generales en la función física. Por lo tanto, la RFS puede ser más apropiado en la fase de rehabilitación de carga progresiva de las extremidades después de la cirugía.
<b>Artículo 15. Functional and molecular adaptations of quadriceps and hamstring muscles to blood flow restricted training in patients with ACL ruptura. (21)</b>	
Autor/Año	Kacin et al. 2021
Muestra	n=35
Tipo de Estudio	Ensayo controlado aleatorizado
Puntuación escala PEDro	11/11
Intervención	Restricción flujo sanguíneo. 1 grupo que realizó entrenamiento restricción flujo sanguíneo a baja carga, otro grupo experimental activo que realizó entrenamiento simulado de RFSBC emparejado con el trabajo y un grupo de control de biopsia (sin intervención).
Dosificación	9 sesiones de ejercicio 3 veces a la semana durante 3 semanas.
Resultados	Nuestros resultados muestran una mayor fuerza y resistencia de los extensores de la rodilla, pero menos de los flexores. El entrenamiento RFSBC es especialmente efectivo para el acondicionamiento de los extensores de la rodilla en esta población.
<b>Artículo 16. Open Kinetic Chain Exercises in a Restricted Range of Motion After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction (22)</b>	
Autor/Año	Fukuda et al. 2013
Muestra	n=49
Tipo de Estudio	Ensayo controlado aleatorizado
Puntuación escala PEDro	9/11
Intervención	Cadena cinética abierta. Grupo experimental con ejercicios de cadena cinética abierta temprana que recibió tratamiento en la 4ª semana después de la operación y un grupo control con ejercicios de cadena cinética abierta tardía, semana 12ª después de la operación.
Dosificación	3 sesiones de entrenamiento por semana. Unas 70 sesiones.
Resultados	No hubo diferencias en ambos grupos, pero mostró una recuperación más rápida en la fuerza del cuádriceps en el grupo con ejercicios de cadena cinética abierta temprana.
<b>Artículo 17. Cross-education does not accelerate the rehabilitation of neuromuscular functions after ACL reconstruction: a randomized controlled clinical trial (23)</b>	
Autor/Año	Zult et al. 2018
Muestra	n=55
Tipo de Estudio	Ensayo controlado aleatorizado
Puntuación escala PEDro	11/11
Intervención	Ejercicio concéntrico. El programa de entrenamiento fue el mismo al grupo control que al grupo experimental, aunque este último añadió ejercicio de prensa de piernas y



“EFECTIVIDAD DE DIFERENTES MÉTODOS DE FORTALECIMIENTO MUSCULAR TRAS CIRUGÍA DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR”

Óscar Retortillo Monzó

	extensión con la pierna no lesionada en máquinas de gimnasio estándar con el foco en la parte concéntrica del ejercicio. (Entrenamiento de educación cruzada).
Dosificación	De la semana 1 a la 12 durante dos veces por semana.
Resultados	La rehabilitación estándar mejoró la fuerza máxima del cuádriceps, el control de la fuerza y el equilibrio dinámico en ambas piernas en relación con antes de la cirugía, pero agregar educación cruzada no aceleró la recuperación después de la reconstrucción del LCA.
<b>Artículo 18. Effects of a neuromuscular training program using external focus attention cues in male athletes with anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized clinical trial (24)</b>	
Autor/Año	Ghaderi et al. 2021
Muestra	n=24
Tipo de Estudio	Ensayo controlado aleatorizado
Puntuación escala PEDro	11/11
Intervención	Grupo experimental con entrenamiento neuromuscular y un grupo control de tratamiento placebo.
Dosificación	3 sesiones por semana durante semanas 1 a 6 y 2 sesiones por semana durante las semanas 7 y 8. (22 sesiones).
Resultados	Los estudios han demostrado que la fuerza del cuádriceps produce al tibial anterior fuerza cortante e introduce tensión en el LCA con la rodilla casi en extensión completa. Las fuerzas de los músculos cuádriceps e isquiotibiales contribuyen a la fuerza de cizallamiento neta en la articulación tibio femoral, y, por lo tanto, tienen implicaciones importantes para el LCA en jurado durante tareas funcionales como el aterrizaje con salto. Aunque la activación muscular y la fuerza fueron no medidos en el presente estudio, postulamos que la disminución de la fuerza de corte tibial y la tasa de carga podría ser los resultados de la función dinámica mejorada de los cuádriceps y los isquiotibiales después de 8 semanas de entrenamiento.
<b>Artículo 19. Quadriceps muscle strength recovery with the use of high tone power therapy after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial (25)</b>	
Autor/Año	Ogrodzka-Ciechanowicz et al.2021
Muestra	n=35
Tipo de Estudio	Ensayo controlado aleatorizado
Puntuación escala PEDro	11/11
Intervención	Electroestimulación. Un grupo experimental con la terapia High Tone Power en rehabilitación y un grupo de control sin la terapia High Tone Power.
Dosificación	Los 3 primeros meses, 3 veces por semana, los 3 siguientes dos veces por semana.
Resultados	Los resultados de la investigación confirman la hipótesis de que el uso de HiToP en pacientes después de LCA tiene un efecto beneficioso sobre la fuerza muscular, la reducción de la efusión articular, la ganancia de masa muscular y la función articular. No se respalda la suposición de que HiToP reduce significativamente los niveles de dolor; los resultados en ambos grupos son estadísticamente insignificantes.
<b>Artículo 20. The Effects of Eccentric and Plyometric Training Programs and Their Combination on Stability and the Functional Performance in the Post-ACL-Surgical Rehabilitation Period of Elite Female Athletes (26)</b>	
Autor/Año	Kasmi et al. 2021
Muestra	n=48
Tipo de Estudio	Ensayo controlado aleatorizado
Puntuación escala PEDro	11/11
Intervención	3 grupos experimentales: 1 grupo excéntrico, 1 grupo pliométrico y 1 combinando ambas. 1 grupo control, programa tradicional.

“EFECTIVIDAD DE DIFERENTES MÉTODOS DE FORTALECIMIENTO MUSCULAR TRAS CIRUGÍA DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR”

Óscar Retortillo Monzó

<b>Dosificación</b>	Dos sesiones a la semana durante 6 semanas.
<b>Resultados</b>	La combinación de estos resultados sugiere que diferentes mecanismos pueden desempeñar un papel en la contribución a una rehabilitación con aumentos en la masa muscular y la fuerza siendo aparentemente reforzado por el efecto aditivo de ejercicios pliométricos entrenamiento, que pone a prueba el sistema neuromuscular y asociados estirar las capacidades del ciclo de acortamiento (Komi, 2003).
<b>Artículo 21. Neuromuscular Electrical Stimulation Superimposed on Movement Early after ACL Surgery. (27)</b>	
<b>Autor/Año</b>	Labanca et al. 2022
<b>Muestra</b>	n=64
<b>Tipo de Estudio</b>	Ensayo controlado aleatorizado
<b>Puntuación escala PEDro</b>	11/11
<b>Intervención</b>	El grupo de estimulación eléctrica neuromuscular superpuesta al movimiento (grupo experimental) y el grupo sin entrenamiento adicional (grupo control).
<b>Dosificación</b>	5 días a la semana de los días 15 al 60 después la cirugía.
<b>Resultados</b>	Los participantes en el grupo EMS demostraron una mayor fuerza muscular en T3 (60 días) durante la MVIC de los músculos extensores de la rodilla a 30°, en T4 para todas las mediciones. y en T5 (380 días) para las contracciones voluntarias isométricas máximas (MVIC) de los músculos extensores de la rodilla a 30° y los músculos flexores de la rodilla a 90°. También hubo diferencias significativas entre los participantes masculinos y femeninos.

Tabla 4. Mejora de la fuerza del cuádriceps en cada artículo.

Artículo	Tratamiento	¿Mejora la fuerza del cuádriceps?
1	Pliometría	✓
2	Pliometría	✓
3	Electroestimulación	✓
4	Electroestimulación	✓
5	Electroestimulación	✓
6	Excéntrico/Concéntrico	✓
7	Excéntrico/Concéntrico	✓
8	Excéntrico/Cadena Abierta	✓
9	Excéntrico	✓
10	Excéntrico	✓
11	Excéntrico/Concéntrico	✓
12	Restricción Flujo Sanguíneo	x
13	Restricción Flujo Sanguíneo	x
14	Restricción Flujo Sanguíneo	✓
15	Restricción Flujo Sanguíneo	✓
16	Cadena Cinética Abierta	✓
17	Concéntrico	✓
18	Combinado	x
19	Electroestimulación	✓
20	Combinado	✓
21	Electroestimulación	✓

“EFECTIVIDAD DE DIFERENTES MÉTODOS DE FORTALECIMIENTO MUSCULAR TRAS CIRUGÍA DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR”

Óscar Retortillo Monzó

Tabla 5. Descripción del tipo de estudio y objetivos de los artículos seleccionados

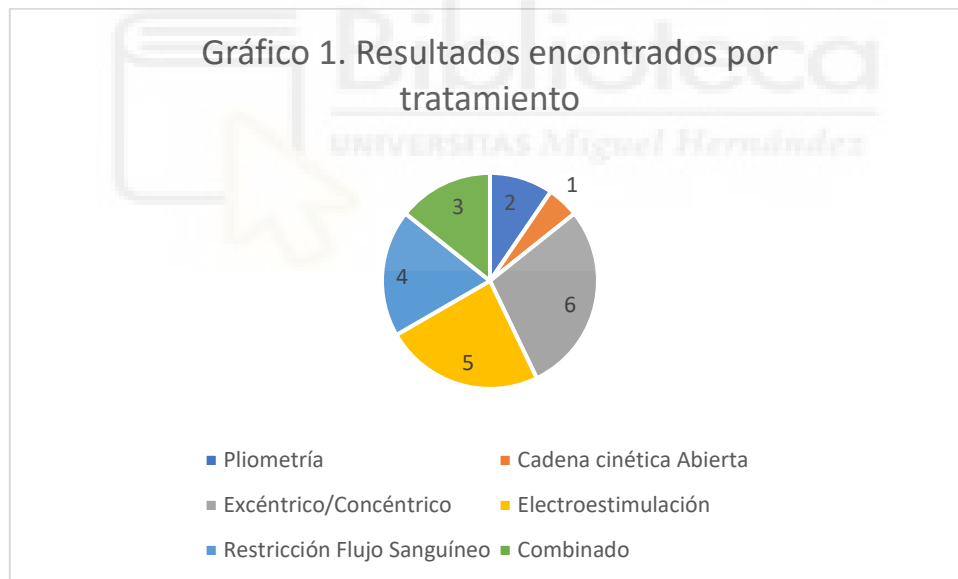
TÍTULO	TIPO DE ESTUDIO	OBJETIVOS
<b>1.Low- Versus High-Intensity Plyometric Exercise During Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction.</b>	ECA	Comparar la eficacia de alta intensidad en ejercicio pliométrico con baja intensidad.
<b>2.Functional and Patient-Reported Outcomes Improve Over the Course of Rehabilitation: A Secondary Analysis of the ACL-SPORTS Trial.</b>	ECA	Evaluar el ejercicio pliométrico y sus resultados en el transcurso de la rehabilitación.
<b>3.The Effect of NeuroMuscular Electrical Stimulation on Quadriceps Strength and Knee Function in Professional Soccer Players: Return to Sport after ACL Reconstruction</b>	ECA	Analizar el efecto de la electroestimulación sobre la fuerza del cuádriceps y función de rodilla en jugadores de fútbol.
<b>4. Neuromuscular Electrical Stimulation Superimposed on Movement Early after ACL Surgery.</b>	ECA	Evaluar la eficacia de la electroestimulación superpuesta al movimiento temprano después de cirugía de LCA.
<b>5.Utility of Neuromuscular Electrical Stimulation to Preserve Quadriceps Muscle Fiber Size and Contractility Following Anterior Cruciate Ligament Injury and Reconstruction: A Randomized, Sham-Controlled, Blinded Trial.</b>	ECA	Conocer la utilidad de la electroestimulación para preservar el tamaño y la contractilidad de la fibra muscular del cuádriceps tras cirugía LCA.
<b>6.A Randomized Controlled Trial of Eccentric Versus Concentric Cycling for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Rehabilitation.</b>	ECA	Comparar el ciclismo excéntrico frente al concéntrico en la rehabilitación del LCA.
<b>7.The effect of progressive eccentric and concentric training on functional performance after autogenous hamstring anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled study</b>	ECA	Valorar el efecto del ejercicio excéntrico y concéntrico después de la reconstrucción autógena del LCA de isquiotibiales.
<b>8. Isokinetic eccentric training is more effective than constant load eccentric training for quadriceps rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial</b>	ECA	Explicar que el entrenamiento excéntrico isocinético es más efectivo que el entrenamiento excéntrico con carga constante para la rehabilitación del cuádriceps.
<b>9. Strength Training Effects on Muscular Regeneration after ACL Reconstruction</b>	ECA	Dar a conocer los efectos del entrenamiento de fuerza en la regeneración muscular
<b>10. Cross-Exercise on Quadriceps Deficit after ACL Reconstruction</b>	ECA	Valorar la efectividad del ejercicio cruzado en el déficit del cuádriceps.
<b>11. Cross-education improves quadriceps strength recovery after ACL reconstruction: a randomized controlled trial</b>	ECA	Explicar si la educación cruzada mejora la recuperación de la fuerza del cuádriceps después de la reconstrucción del LCA.
<b>12. Blood Flow Restriction Training Applied With High-Intensity Exercise Does Not Improve Quadriceps Muscle Function After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction.</b>	ECA	Explicar que el entrenamiento de restricción del flujo sanguíneo aplicado con ejercicio de alta intensidad no mejora la función del cuádriceps
<b>13. Effect of Blood Flow Restriction Training on Quadriceps Muscle Strength, Morphology, Physiology, and Knee Biomechanics Before and After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Protocol for a Randomized Clinical Trial</b>	ECA	Evaluar el efecto del entrenamiento de restricción del flujo sanguíneo en la fuerza, morfología, fisiología y biomecánica de la rodilla del músculo cuádriceps antes y después de la cirugía de LCA.
<b>14. . Comparing the Effectiveness of Blood Flow Restriction and Traditional Heavy Load Resistance Training in the Post-Surgery Rehabilitation of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Patients: A UK National Health Service Randomised Controlled Trial.</b>	ECA	Comparar la eficacia de la restricción del flujo sanguíneo y el entrenamiento tradicional de resistencia a cargas pesadas.
<b>15. Functional and molecular adaptations of quadriceps and hamstring muscles to blood flow restricted training in patients with ACL rupture.</b>	ECA	Analizar las adaptaciones funcionales y moleculares de los músculos cuádriceps e isquiotibiales al entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo en pacientes con ruptura del LCA.

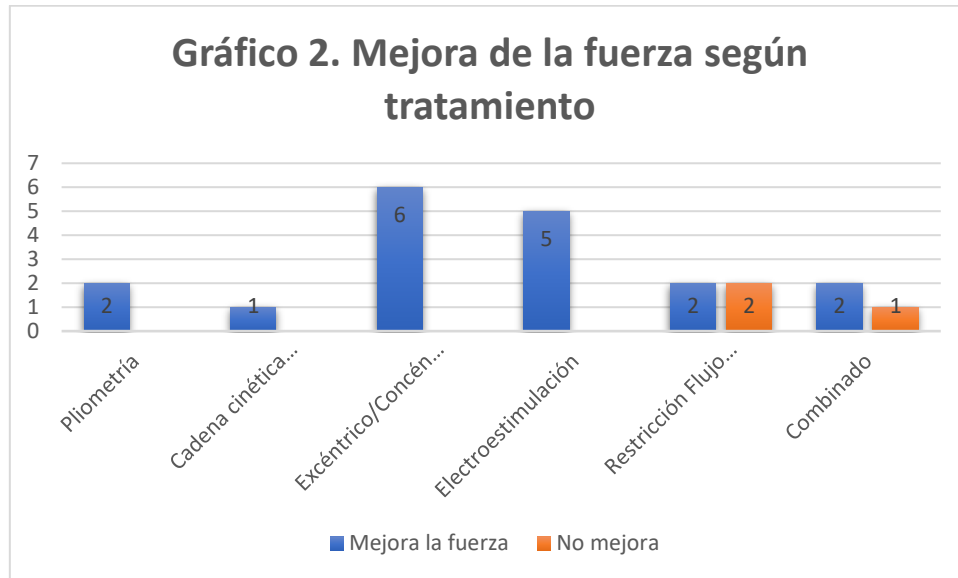
“EFECTIVIDAD DE DIFERENTES MÉTODOS DE FORTALECIMIENTO MUSCULAR TRAS CIRUGÍA DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR”

Óscar Retortillo Monzó

<b>16. Open Kinetic Chain Exercises in a Restricted Range of Motion After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction</b>	ECA	Valorar la efectividad de los ejercicios de cadena cinética abierta tras cirugía de LCA:
<b>17. Cross-education does not accelerate the rehabilitation of neuromuscular functions after ACL reconstruction: a randomized controlled clinical trial</b>	ECA	Explicar que la educación cruzada no acelera la rehabilitación de las funciones neuromusculares.
<b>18. Effects of a neuromuscular training program using external focus attention cues in male athletes with anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized clinical trial</b>	ECA	Dar a conocer los efectos de un programa de entrenamiento neuromuscular utilizando señales de atención de foco externo en atletas masculinos con reconstrucción de LCA.
<b>19. Quadriceps muscle strength recovery with the use of high tone power therapy after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial</b>	ECA	Valorar la recuperación del cuádriceps con el uso de la terapia de potencia de alto tono después de la reconstrucción de LCA.
<b>20. The Effects of Eccentric and Plyometric Training Programs and Their Combination on Stability and the Functional Performance in the Post-ACL-Surgical Rehabilitation Period of Elite Female Athletes</b>	ECA	Explicar los efectos de los programas de entrenamiento excéntrico y pliométrico y su combinación sobre la estabilidad y el rendimiento funcional en el período de rehabilitación posquirúrgico del LCA de mujeres atletas de élite.
<b>21. Neuromuscular Electrical Stimulation Superimposed on Movement Early after ACL Surgery.</b>	ECA	Valorar la efectividad de la electroestimulación superpuesta en el movimiento temprano.

ECA: Ensayo Clínico Aleatorizado





## 10. BIBLIOGRAFÍA

1. F F. [Online]. [cited 2022 04 10. Available from:  
[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/36745131/ligamento\\_cruzado\\_1-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1654262009&Signature=Qd9ATrNhv7d2MUc2Hw2jKt85CJwzvw-Oj5NJVFsrDtxNoC-HhiyJntMUTIFX7bJ1OjjqoDUC5Ll3oz5Nbk-KAnY-j~iafY~rw~~~NOCIUjGVMZSYhWiwFzLzCCY-rLZBf6J4zyoHx](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/36745131/ligamento_cruzado_1-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1654262009&Signature=Qd9ATrNhv7d2MUc2Hw2jKt85CJwzvw-Oj5NJVFsrDtxNoC-HhiyJntMUTIFX7bJ1OjjqoDUC5Ll3oz5Nbk-KAnY-j~iafY~rw~~~NOCIUjGVMZSYhWiwFzLzCCY-rLZBf6J4zyoHx).
2. Olmos L. [Online]. [cited 2022 04 10. Available from:  
<https://www.clinicacemtro.com/traumatologia/unidad-de-rodilla/rotura-ligamento-cruzado-anterior/>.
3. Voskanian N. ACL Injury prevention in female athletes: review of the literature and practical considerations in implementing an ACL prevention program. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2013;6(2):158-163. doi:10.1007/s12178-013-9158-y
4. Abrutsky M. [Online].; 2013 [cited 2020 04 10. Available from: <https://g-se.com/factores-de-riesgo-de-lesion-del-lca-las-mujeres-estan-mas-predispuestas-a-lesionarlo-bp-757cfb26d072ad>.
5. Herman DC, Barth JT. Drop-Jump Landing Varies With Baseline Neurocognition: Implications for Anterior Cruciate Ligament Injury Risk and Prevention. *Am J Sports Med*. 2016;44(9):2347-2353. doi:10.1177/0363546516657338
6. Ramos Álvarez, J.J., Martínez Melen, H., Legido Arce, J.C., Segovia Martínez, J.C., López-Silvarrey, F.J., REHABILITACIÓN DEL PACIENTE CON LESIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR DE LA RODILLA (LCA). REVISIÓN. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte / International Journal of Medicine and Science of Physical Activity and Sport* [Internet]. 2008;8(29):62-92. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54222978004>
7. Chmielewski TL, George SZ, Tillman SM, et al. Low- Versus High-Intensity Plyometric Exercise During Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med*. 2016;44(3):609-617. doi:10.1177/0363546515620583
8. Arundale AJH, Capin JJ, Zarzycki R, Smith A, Snyder-Mackler L. Functional and Patient-Reported Outcomes Improve Over the Course of Rehabilitation: A Secondary Analysis of the ACL-SPORTS Trial. *Sports Health*. 2018;10(5):441-452. doi:10.1177/1941738118779023
9. Taradaj J, Halski T, Kucharzewski M, et al. The effect of neuromuscular electrical stimulation on quadriceps strength and knee function in professional soccer players: return to sport after ACL reconstruction. *Biomed Res Int*. 2013;2013:802534. doi:10.1155/2013/802534
10. Labanca L, Rocchi JE, Laudani L, et al. Neuromuscular Electrical Stimulation Superimposed on Movement Early after ACL Surgery. *Med Sci Sports Exerc*. 2018;50(3):407-416. doi:10.1249/MSS.0000000000001462
11. Toth MJ, Tourville TW, Voigt TB, et al. 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. *Am J Sports Med.* 2020;48(10):2429-2437. doi:10.1177/0363546520933622

12. Milandri G, Sivarasu S. A Randomized Controlled Trial of Eccentric Versus Concentric Cycling for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Rehabilitation. *Am J Sports Med.* 2021;49(3):626-636. doi:10.1177/0363546520987566
13. Kınıklı GI, Yüksel I, Baltacı G, Atay OA. The effect of progressive eccentric and concentric training on functional performance after autogenous hamstring anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled study. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2014;48(3):283-289. doi:10.3944/AOTT.2014.13.0111
14. Vidmar MF, Baroni BM, Michelin AF, et al. Isokinetic eccentric training is more effective than constant load eccentric training for quadriceps rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial. *Braz J Phys Ther.* 2020;24(5):424-432. doi:10.1016/j.bjpt.2019.07.003
15. Friedmann-Bette B, Profit F, Gwechenberger T, et al. Strength Training Effects on Muscular Regeneration after ACL Reconstruction. *Med Sci Sports Exerc.* 2018;50(6):1152-1161. doi:10.1249/MSS.0000000000001564
16. Papandreou M, Billis E, Papathanasiou G, Spyropoulos P, Papaioannou N. Cross-exercise on quadriceps deficit after ACL reconstruction. *J Knee Surg.* 2013;26(1):51-58. doi:10.1055/s-0032-1313744
17. Harput G, Ulusoy B, Yildiz TI, et al. Cross-education improves quadriceps strength recovery after ACL reconstruction: a randomized controlled trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;27(1):68-75. doi:10.1007/s00167-018-5040-1
18. Curran MT, Bedi A, Mendias CL, Wojtys EM, Kujawa MV, Palmieri-Smith RM. Blood Flow Restriction Training Applied With High-Intensity Exercise Does Not Improve Quadriceps Muscle Function After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Randomized Controlled Trial. *Am J Sports Med.* 2020;48(4):825-837. doi:10.1177/0363546520904008
19. Erickson LN, Lucas KCH, Davis KA, et al. Effect of Blood Flow Restriction Training on Quadriceps Muscle Strength, Morphology, Physiology, and Knee Biomechanics Before and After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Protocol for a Randomized Clinical Trial. *Phys Ther.* 2019;99(8):1010-1019. doi:10.1093/ptj/pzz062
20. Hughes L, Rosenblatt B, Haddad F, et al. Comparing the Effectiveness of Blood Flow Restriction and Traditional Heavy Load Resistance Training in the Post-Surgery Rehabilitation of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Patients: A UK National Health Service Randomised Controlled Trial. *Sports Med.* 2019;49(11):1787-1805. doi:10.1007/s40279-019-01137-2
21. Kacin A, Drobnič M, Marš T, et al. Functional and molecular adaptations of quadriceps and hamstring muscles to blood flow restricted training in patients with ACL rupture. *Scand J Med Sci Sports.* 2021;31(8):1636-1646. doi:10.1111/sms.13968
22. Fukuda TY, Fingerhut D, Moreira VC, et al. Open Kinetic Chain Exercises in a Restricted Range of Motion After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Randomized Controlled Clinical Trial. *The American Journal of Sports Medicine.* 2013;41(4):788-794. doi:10.1177/0363546513476482

23. Harput, G., Ulusoy, B., Yildiz, T.I. *et al.* Cross-education improves quadriceps strength recovery after ACL reconstruction: a randomized controlled trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 27, 68–75 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00167-018-5040-1>
24. Ghaderi, M., Letafatkar, A., Thomas, A.C. *et al.* Effects of a neuromuscular training program using external focus attention cues in male athletes with anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized clinical trial. *BMC Sports Sci Med Rehabil* 13, 49 (2021). <https://doi.org/10.1186/s13102-021-00275-3>
25. Ogrodzka-Ciechanowicz, K., Głąb, G., Ślusarski, J. *et al.* Quadriceps muscle strength recovery with the use of high tone power therapy after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord* 22, 975 (2021). <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04862-w>
26. Kasmi S, Zouhal H, Hammami R, Clark CCT, Hackney AC, Hammami A, Chtara M, Chortane SG, Salah FZB, Granacher U and Ounis OB (2021) The Effects of Eccentric and Plyometric Training Programs and Their Combination on Stability and the Functional Performance in the Post-ACL-Surgical Rehabilitation Period of Elite Female Athletes. *Front. Physiol.* 12:688385. doi: 10.3389/fphys.2021.688385
27. LABANCA, LUCIANA<sup>1</sup>; ROCCHI, JACOPO EMANUELE<sup>1,2</sup>; LAUDANI, LUCA<sup>3</sup>; GUITALDI, RITA<sup>2</sup>; VIRGULTI, ALESSANDRO<sup>2</sup>; MARIANI, PIER PAOLO<sup>1,2</sup>; MACALUSO, ANDREA<sup>1,2</sup> Neuromuscular Electrical Stimulation Superimposed on Movement Early after ACL Surgery, *Medicine & Science in Sports & Exercise*: March 2018 - Volume 50 - Issue 3 - p 407-416 doi: 10.1249/MSS.0000000000001462