

**Daniel Tugores Soto**

**Intervención de fisioterapia más eficaz para pacientes  
intervenidos de reconstrucción de ligamento cruzado  
anterior: Revisión sistemática**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

**dirigido por la Dra. Sonia Monverde Pérez**

**Grado de Fisioterapia**



**UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI**

**Reus**

**2024**

# ÍNDICE

VISTIPLAU PEL LLIURAMENT I DEFENSA.....	1
RESUMEN .....	2
1. INTRODUCCIÓN .....	4
2. OBJETIVO .....	5
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	6
3.1. Criterios de elegibilidad.....	6
3.2. Fuentes de información.....	7
3.3. Estrategia de búsqueda .....	7
3.4. Proceso de selección de los estudios .....	8
3.5. Proceso de extracción y lista de datos .....	8
3.6. Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios individuales.....	9
3.7. Evaluación de los niveles de evidencia y grados de recomendación .....	9
4. RESULTADOS.....	9
4.1. Selección de los estudios.....	9
4.2. Características de los estudios .....	11
4.3. Riesgo de sesgo de los estudios individuales .....	17
4.4. Niveles de evidencia y grados de recomendación .....	18
4.5. Resultados de los estudios individuales.....	19
4.6. Resultados de la síntesis.....	21
Fuerza de los cuádriceps .....	21
Fuerza de los isquiotibiales .....	22
Rango de movimiento .....	23
Atrofia muscular .....	23
Dolor.....	24
Otros.....	24
5. DISCUSIÓN.....	25
6. CONCLUSIÓN .....	28
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	29
8. ABREVIATURAS.....	35
9. ANEXOS.....	37
Anexo 1. Tabla 6: Niveles de evidencia y Grado de Recomendación SIGN.....	37

## VISTIPLAU PEL LLIURAMENT I DEFENSA



### FACULTAT DE MEDICINA I CIÈNCIES DE LA SALUT

#### *Vistiplau pel lliurament i defensa del Treball de Fi de Grau de Fisioteràpia*

En/na Sonia Monterde Pérez.....en la  
seva tasca com a tutor, considera que

EL TREBALL PRÀCTIC ANOMENAT:

Intervención de fisioterapia más eficaz para pacientes intervenidos de reconstrucción de ligamento cruzado anterior: revisión sistemática.

REALITZAT PER:

Daniel Tugores Soto  
.....  
.....  
.....



ÉS ADEQUAT I, EN CONSEQÜÈNCIA, EN RECOMANA LA DEFENSA

Signatura tutor/ data



Sonia Monterde  
Pérez - DNI  
39903800L (TCAT)  
2024.05.07  
06:46:05 +02'00'

## RESUMEN

**Antecedentes:** La lesión de LCA es la más común de la rodilla. La mayoría de los pacientes son sometidos a cirugía de reconstrucción. Poscirugía se necesita realizar una rehabilitación fisioterapéutica efectiva.

**Objetivos:** El estudio tiene como objetivo principal evaluar la efectividad de una variedad de tratamientos en pacientes que han sido intervenidos quirúrgicamente de LCA. Se busca determinar que técnicas son más efectivas y que impliquen una mejora en la atrofia muscular, movilidad articular, dolor y fuerza muscular.

**Métodos:** En esta revisión sistemática se realizaron búsquedas, siguiendo las indicaciones de la declaración PRISMA, en las bases de datos PubMed, PEDro y Biomed Central. Se incluyeron ensayos controlados aleatorios (ECA) publicados en los últimos 5 años. Se utilizó la herramienta RoB2 de Cochrane para evaluar el riesgo de sesgo de los artículos seleccionados. Además, se utilizó el sistema SIGN para la evidencia y el grado de recomendación.

**Resultados:** Se incluyeron 22 artículos de pacientes sometidos a RLCA. Los estudios incluidos evaluaron un total de 18 técnicas adicionales a un programa convencional de rehabilitación. La mayoría de las intervenciones de fisioterapia mejoraron la fuerza muscular del cuádriceps, los isquiotibiales, el rango articular, la atrofia muscular y el dolor. Además, hubo artículos que valoraron otros aspectos importantes como la propiocepción y la capacidad funcional de la rodilla, donde se observaron mejoras en la mayoría de los estudios. Hubo intervenciones que no encontraron diferencias significativas entre ambos grupos, lo que nos indica la necesidad de realizar más investigación en este ámbito.

**Conclusión:** Esta revisión evaluó las intervenciones fisioterapéuticas en pacientes con RLCA con un grado de recomendación A, destacando resultados positivos, con la necesidad de realizar más investigación.

**Palabras clave:** Reconstrucción de Ligamento Cruzado Anterior, Modalidades de Fisioterapia, Rehabilitación, Ejercicio, Fisioterapia, Ligamento Cruzado Anterior.

## ABSTRACT

**Background:** The ACL injury is the most common knee injury. Most patients undergo reconstruction surgery. Post-surgery, effective physiotherapy rehabilitation is needed.

**Objectives:** The main objective of the study is to evaluate the effectiveness of a variety of treatments in patients who have undergone ACL surgery. The aim is to determine which techniques are most effective and involve an improvement in muscle atrophy, joint mobility, pain and muscle strength.

**Methods:** In this systematic review, searches were carried out, following the indications of the PRISMA statement, in the PubMed, PEDro and Biomed Central databases. Randomized controlled trials (RCTs) published in the last 5 years were included. Cochrane's RoB2 tool was used to assess the risk of bias of the selected articles. In addition, the SIGN system was used for evidence and the degree of recommendation.

**Results:** 22 articles were included with patients undergoing ACLR. The included studies evaluated a total of 18 additional techniques to a conventional rehabilitation program. Most physical therapy interventions improved quadriceps and hamstring muscle strength, joint range, muscle atrophy, and pain. In addition, there were articles that assessed other important aspects such as proprioception and functional capacity of the knee, where improvements were observed in the majority of studies. There were interventions that did not find significant differences between both groups, which indicates the need to conduct more research in this area.

**Conclusion:** This review evaluated physiotherapy interventions in patients with ACLR with a recommendation grade A, highlighting positive results, with the need for further research.

**Keywords:** Anterior Cruciate Ligament Reconstruction, Physical Therapy Modalities, Rehabilitation, Exercise, Physical Therapy, Anterior Cruciate Ligament.

## 1. INTRODUCCIÓN

La lesión de ligamento cruzado anterior (LCA) es la lesión de ligamento más común de la rodilla y llega a representar entre 80.000 y 250.000 lesiones entre los atletas por año, de los cuales 100.000 son sometidos a una cirugía reconstructiva de rodilla y se estima que genera un gran gasto al año [1]. Larwa et al. definieron que la lesión de LCA afecta principalmente a jugadores de baloncesto (47%), balonmano (24%) y rugby (13%) entre otros deportes [2].

La rotura del ligamento cruzado anterior se produce cuando es incapaz de mantener la estabilidad de la articulación durante la actividad muscular y se produce una carga axial repentina de la rodilla junto con un valgo acoplado y un momento de rotación alrededor de la tibia. Existen factores de riesgo que contribuyen al aumento de la lesión como los aterrizajes rígidos, la mala estabilidad del core, la fuerza débil de abducción de la cadera, el aumento del valgo de la rodilla, la longevidad de la rodilla con el tiempo y el aterrizaje en una posición de apoyo con el talón. Se estima que la incidencia es mayor en las atletas (>2 a 4 veces) debido a causas multifactoriales como la anatomía, control neuromuscular, niveles hormonales y diferencias biomecánicas entre sexos [2-4].

Actualmente, el procedimiento quirúrgico es el que más se recomienda para reparar la lesión de LCA. Se necesita un injerto de tendón que puede provenir de un aloinjerto, de forma artificial o autoinjerto, siendo el último el tipo de injerto más común [5]. Estudios actuales seleccionaron el autoinjerto del semitendinoso autólogo más el músculo femoral delgado con gran diferencia como injerto ideal para la reconstrucción [6,7].

Investigaciones recientes muestran un alto porcentaje de recaída en la lesión, de hasta un 34% en atletas jóvenes [8]. Se registran tasas considerablemente altas de recaídas de la lesión, además se alcanza un 22% en la rodilla afectada y un 24% en la contralateral durante los 5 años posteriores a la primera intervención [9]. Además, esta lesión puede conllevar un trastorno psicológico, por ejemplo, los síntomas depresivos, la pérdida de motivación durante la rehabilitación, patrones de pensamiento catastrófico y traumas emocionales, que conducen a un empeoramiento de la función física, sobre todo en atletas jóvenes con alta identidad atlética [10-13].

En cuanto a la rehabilitación, los objetivos principales que se tienen que abordar son restaurar la función de la rodilla, abordar las barreras psicológicas para la participación en actividades, la prevención de más lesiones, como importante la osteoartritis y optimizar la calidad de vida a largo plazo [14]. En cuanto a la función de rodilla existen estudios que se centran en aplicar protocolos de rehabilitación para incidir en la reducción del dolor, la flexión y extensión pasiva total de la rodilla, el entrenamiento de fuerza del cuádriceps, el movimiento inmediato, la carga

parcial inmediata con un patrón de marcha correcto sin complicaciones, ejercicios funcionales, debilidad muscular, conseguir una simetría entre extremidades, la propiocepción, el equilibrio y la coordinación [15-17].

En el ámbito científico, se han llevado a cabo numerosas revisiones sistemáticas que investigan los efectos de la fisioterapia posoperatoria en la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA). Todas estas revisiones se centran concretamente en la efectividad de una técnica, Azimi et al. (2024), con la aplicación de Kinesio Taping [18], Ananís et al. (2023) evidenció el efecto de la biorretroalimentación electromiográfica para el tratamiento de la fuerza [19]... Otras revisiones sistemáticas se centran en estudiar los efectos de la fisioterapia en la disminución del dolor [20-22], ya que el dolor puede complicar el ejercicio y el rendimiento funcional teniendo una implicación directa en la rehabilitación [23]. Existen otros artículos que se centran en evaluar la fuerza muscular del cuádriceps e isquiotibiales [20,22,24]. Otro aspecto importante de la rehabilitación es la mejora del rango articular. Varios artículos tienen en consideración esta valoración [25-27]. Y por último y no menos importante, está la atrofia muscular [20,28].

Sin embargo, hasta la fecha, solo existe un artículo que evalúe un conjunto de técnicas. Kochman et al. (2022) incluye estudios que evalúan la eficacia del Kinesio Taping, la vibración de todo el cuerpo, el entrenamiento con vibración local, la punción seca en puntos gatillo, la terapia de potencia de tonos altos, el campo magnético alterno y el programa de entrenamiento muscular activo basado en aplicaciones. Los datos de esta revisión son muy positivos, ya que se observó una mejora del dolor, el edema, el ROM, la fuerza de los músculos de la rodilla y la función de la rodilla en la mayoría de las intervenciones [29].

Visto que este estudio se publicó en el año 2022, utilizó 10 artículos y sin tener en cuenta la atrofia muscular, mi objetivo será realizar un estudio exhaustivo de la literatura científica para evaluar la eficacia de las intervenciones en términos de resultados clínicos, como la fuerza muscular, el rango articular, la atrofia muscular y el dolor. Así fortaleceré el estudio de Kochman et al. (2022) con más técnicas y añadiendo la atrofia muscular, a fin de ayudar a realizar en un futuro un protocolo óptimo de rehabilitación.

## 2. OBJETIVO

El **objetivo general** es:

- a. Evaluar la evidencia científica del tratamiento de fisioterapia eficaz en pacientes que han sido intervenidos de ligamento cruzado anterior.

Los **objetivos específicos** son:

- a. Establecer cuáles son las técnicas más adecuadas y aquellas que han demostrado obtener mejores resultados al finalizar la rehabilitación en pacientes intervenidos de LCA.
- b. Observar si la aplicación de las técnicas seleccionadas en el objetivo anterior muestra una mejora significativa aspectos claves de la recuperación, incluyendo la atrofia muscular, mejora en la movilidad articular, disminución del dolor y aumento de la fuerza muscular.

### 3. MATERIAL Y MÉTODOS

Para realizar esta revisión sistemática se ha seguido las indicaciones de la declaración PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) [53].

Se ha comprobado que no exista otra revisión igual a la que se quiere realizar en este trabajo en la base de datos de *PubMed* y PROSPERO (*International Prospective Register of Systematic Reviews*).

#### 3.1. Criterios de elegibilidad

Haciendo referencia a los criterios de elegibilidad y los objetivos establecidos anteriormente, se siguió la pauta PICOS (Pacientes, Intervención, Comparación, Resultados y Estudio). Como se ha nombrado con anterioridad, los estudios se escogieron según la estructura PICOS donde las siglas se definen de la siguiente manera:

- **P** (población): pacientes que hayan sido intervenidos de reconstrucción de LCA.
- **I** (intervención): intervenciones de fisioterapia dirigidas a la mejora de la atrofia muscular, la movilidad articular, la fuerza y el dolor.
- **C** (comparación): grupo que se le aplica el tratamiento eficaz versus grupo donde se aplica tratamiento que no es eficaz.
- **O** (resultados): valorar la mejora de al menos uno de los siguientes aspectos: la atrofia muscular, la movilidad articular, la fuerza y el dolor.
- **S** (estudio): ensayos clínicos aleatorizados (ECA) realizados entre los años 2019 y 2024.

Por lo tanto, la pregunta inicial de investigación es: ¿qué tipo de intervención de fisioterapia es más eficaz para la mejora de la atrofia muscular, la movilidad articular, la fuerza y el dolor en los pacientes que han sido intervenidos de reconstrucción de ligamento cruzado anterior?

### Criterios de inclusión

Los criterios de inclusión del presente estudio incluyeron los estudios publicados los últimos 5 años, los estudios publicados en las bases de datos *PubMed (MEDLINE)*, *PEDro* y *Biomed Central*, que los pacientes hayan sido intervenidos de reconstrucción de Ligamento Cruzado Anterior y que se hayan realizado ensayos clínicos aleatorizados a humanos.

### Criterios de exclusión

Los criterios de exclusión del estudio incluyeron ensayos no realizados en seres humanos, artículos no escritos en lengua castellana, catalana e inglés, revisiones bibliográficas u otras patologías relevantes.

## 3.2. Fuentes de información

Para realizar esta revisión bibliográfica se realizó una búsqueda exhaustiva, seleccionando los artículos que cumplieran los criterios de elegibilidad y que finalmente fueron incluidos des de diferentes bases de datos: *PubMed (MEDLINE)*, *PEDro* y *Biomed Central*. La búsqueda se llevó a cabo des de enero del 2024 a marzo de 2024.

## 3.3. Estrategia de búsqueda

Para realizar la estrategia de búsqueda de la revisión, se consultó en las bases de datos de *PubMed (MEDLINE)*, *PEDro* y *Biomed Central* utilizando las palabras clave *Anterior Cruciate Ligament Reconstruction*; *Anterior Cruciate Ligament Injuries*; *Physical Therapy Modalities*; *Exercise*. En la base de datos de *PubMed* se realizó una búsqueda de palabras clave en MeSH unidas a los términos *rehabilitation* y *therapy*. En la [Tabla 1](#) se puede observar la estrategia de búsqueda.

Para acotar la búsqueda y adaptarla a mis intereses se utilizaron los siguientes filtros: ensayo clínico, ensayo clínico aleatorizado (ECA), últimos 5 años y humanos.

Bases de datos	Combinaciones con las palabras clave
<b>PubMed (MEDLINE)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ("Anterior Cruciate Ligament Reconstruction/rehabilitation"[Mesh]) AND "Physical Therapy Modalities"[Mesh] AND "Exercise"[Mesh] (35)</li> <li>• ("Anterior Cruciate Ligament Injuries/rehabilitation"[Mesh]) AND "Anterior Cruciate Ligament Injuries/therapy"[Mesh] (274)</li> <li>• (((("Anterior Cruciate Ligament Injuries"[Mesh]) AND "Anterior Cruciate Ligament Reconstruction"[Mesh]) AND "Rehabilitation"[Mesh]) AND "Physical Therapy Modalities"[Mesh]) AND "Exercise"[Mesh] (48)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ("Anterior Cruciate Ligament Reconstruction"[Mesh]) AND "Rehabilitation"[Mesh] AND "Physical Therapy Modalities"[Mesh] (311)</li> </ul>
<b>PEDro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anterior cruciate ligament AND rehabilitation AND physical therapy (16)</li> <li>• Anterior cruciate ligament reconstruction AND rehabilitation AND exercise (63)</li> <li>• Anterior cruciate ligament reconstruction AND physiotherapy (34)</li> </ul>
<b>Biomed Central</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anterior cruciate ligament reconstruction AND rehabilitation AND physical therapy (226)</li> </ul>

Tabla 1: Estrategia de búsqueda.

### 3.4. Proceso de selección de los estudios

La selección de los estudios utilizados en la revisión bibliográfica se ha realizado siguiendo la Guía PRISMA: identificación, cribaje, elegibilidad e inclusión de los estudios en la revisión sistemática [53].

En primer lugar, se realizó una búsqueda en las bases de datos *PubMed (Medline)*, *PEDro*, y *Biomed Central* añadiendo los filtros "Clinical Trials", "Randomized Controlled Trial", "Humans" y "5 years". En segundo lugar, se produjo una primera criba eliminando los duplicados y en función del título y resumen en base al criterio PICOS. En tercer lugar, se procedió a realizar una lectura del resumen y, por último, se realizó una lectura exhaustiva de los artículos, descartando los que no cumplieren los requisitos de inclusión.

De esta forma, se eliminaron aquellos estudios que no cumplían los criterios deseados para la elaboración de la revisión bibliográfica, consiguiendo un total de 22 ensayos.

### 3.5. Proceso de extracción y lista de datos

Una vez se han seleccionado los ensayos que formaran parte de la revisión bibliográfica, se procedió al análisis de los estudios, siguiendo unos parámetros: Autor, año, participantes, intervenciones, medidas realizadas y conclusiones o resultados.

En el apartado de medidas, como mínimo los ensayos tienen que haber valorado si ha habido una mejora en al menos uno de los siguientes aspectos: la atrofia muscular, la movilidad articular, la fuerza y el dolor.

### 3.6. Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios individuales

Para analizar el riesgo de sesgo de los 22 artículos seleccionados para realizar esta revisión se ha seguido la herramienta RoB 2 de Cochrane para ensayos clínicos [54]. Esta herramienta consta de 6 ítems. Dominio 1 (D1) sesgos por el proceso de aleatorización, Dominio 2 (D2) sesgos derivados de la desviación de las intervenciones previstas, Dominio 3 (D3) sesgos derivados de la pérdida de datos de resultados, Dominio 4 (D4) sesgos en la medición de los resultados, Dominio 5 (D5) sesgos en la selección de los resultados reportados y riesgo de sesgo global. Esta escala determina el bajo riesgo sesgo, el alto riesgo de sesgo y algunas preocupaciones sobre los sesgos, de esta manera nos permite evaluar la validez de los estudios y determinar también la calidad.

### 3.7. Evaluación de los niveles de evidencia y grados de recomendación

Para realizar una evaluación de los niveles de evidencia y el grado de recomendación de los 22 estudios seleccionados se ha decidido seleccionar el sistema *Scottish Intercollegiate Guidelines Network* (SIGN) [55]. El sistema SIGN es un método que clasifica la evidencia en diferentes niveles, desde 1++ (evidencia fuerte) hasta 4 (evidencia poco fiable). También evalúa el grado de recomendación, clasificándolos en A, B, C, D y V.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Selección de los estudios

En la [Figura 1](#) se explica el proceso de selección de los estudios. La búsqueda se realizó en las bases de datos *PubMed (Medline)*, *PEdro* y *Biomed Central*, utilizadas las palabras clave nombradas en el punto 3.3. En total se obtuvieron un total de 1.007 artículos. Se excluyeron los estudios que no se hicieron a humanos, los que no eran ensayos clínicos o se publicaran hace más de 5 años. Se obtuvieron un total de 182, de los cuales se excluyeron 116 por ser duplicados y por no tener relación con el tema (título y resumen). De los 66 artículos completos se excluyeron 28 por no ser relevantes para el trabajo, 4 por tener una muestra no representativa, menor de 20 participantes y 12 por la ausencia de resultados (protocolos). Finalmente se incluyeron 22 artículos que cumplían con los criterios de elegibilidad.

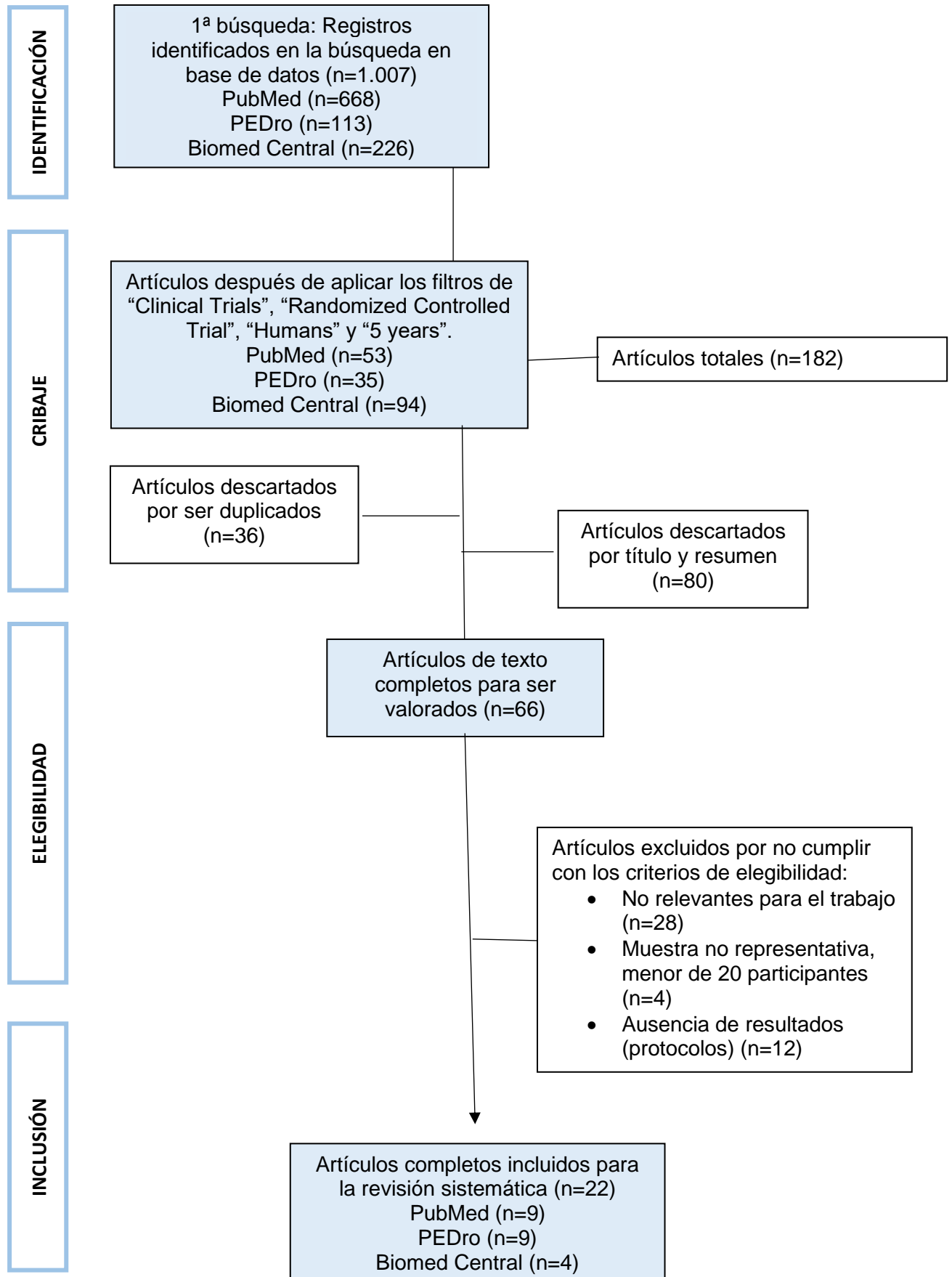


Figura 1: Diagrama de flujo

## 4.2. Características de los estudios

Se incluyeron 22 ensayos clínicos con 920 pacientes sometidos a reconstrucción de ligamento cruzado anterior: 460 estaban en el grupo de intervención y 460 en el grupo control. En la [Tabla 2](#) podemos observar las características de los estudios con: autor, año, participantes, intervenciones, medidas realizadas y conclusiones. De estos ensayos, 7 informaron sobre el dolor [32-36,48-50], 17 informaron sobre fuerza del cuádriceps o isquiotibiales [31-34,37,38,39,41-48,50,51], 6 informaron de ROM [32,35,36,48-50] y 8 informaron sobre la atrofia muscular [30-33,45,48,49,51]. Dentro de los estudios seleccionados, destacamos 5 artículos que se centran también en la capacidad funcional de la rodilla usando *International Knee Documentation Criteria* (IKDC) [32,33,35-37]. También destacamos 4 artículos que se centran en la medición de la propiocepción [38-41].

Autor, Año	Participantes	Intervenciones	Medidas	Conclusión
Milandri <i>et al.</i> , 2021	Solo injertos de isquiotibiales (n=26)  Edad 18 - 40 años.  - Hombres (n=26)	Grupo excéntrico (ECC) realiza resistiendo el movimiento de velocidad constante de los pedales motorizados.  Grupo concéntrico (CON) intenta acelerar los pedales empujándolos en la dirección en la que se mueve.  8 semanas con 3 sesiones de ejercicio de 26 minutos.	1)Biomecánica rodilla y cadera: en 3D con 8 cámaras Vicon (Oxford Metrcis) con 2 placas de fuerza (AMTI)  2)Fuerza de la rodilla: dinamómetro isocinético (Biodex)  3)Circunferencia muslos: cinta métrica	Para la rehabilitación después de ACLR, el entrenamiento progresivo en bicicleta excéntrica no fue clínicamente más efectivo que el entrenamiento concéntrico.
Song <i>et al.</i> , 2024	Participantes elegibles con reconstrucción de LCA (n=63)  Edad (X=27)  - Hombres (n=39) - Mujeres (n=24)	GI: rehabilitación estándar más ondas de choque extracorpóreas radiales (rESWT). 6 semanas consecutivas 1 vez por semana de 2500 impulsos a una frecuencia de 6-8 Hz.  GC: rehabilitación estándar más rESWT simulada.	Al inicio y pasadas 24 semanas  Puntuación de rodilla de Lysholm.  1)Rango de movimiento (ROM): goniómetro  2)Dolor: Escala Visual Analógica (EVA)  3)Capacidad funcional: International Knee Documentation Criteria (IKDC).	La rehabilitación con rESWT tuvo buenos resultados después de la reconstrucción de ligamento cruzado anterior (RLCA). El uso temprano puede mejorar la función de las articulaciones, el alivio del dolor y la capacidad de la vida diaria.
Forogh <i>et al.</i> , 2019	Atletas sometidos a cirugía de LCA, fútbol, voleibol, baloncesto y luchadores con injerto hueso-tendón rotuliano-hueso (n=70).  Edad 18 - 45 años.	GI: utilizó aparato TENS con frecuencia de 120 pulsos/s., corriente bifásica rectangular asimétrica durante 35 minutos durante 20 sesiones durante 4 semanas después de	1)Dolor: escala EVA  2)Capacidad funcional: International Knee Documentation Criteria (IKDC).  3)ROM: goniómetro	Muestran que agregar TENS a un protocolo de ejercicio supervisado en la primera fase de rehabilitación después de la RLCA no es eficaz para mejorar la función y el dolor de la rodilla más que el ejercicio solo.

	- Hombres (n=70)	<p>cirugía junto con ejercicios.</p> <p>GC: ejercicios sin TENS.</p>		
Jack <i>et al.</i> , 2022	<p>Pacientes sometidos a RLCA con autoinjerto de hueso, tendón rotuliano y hueso (n=32).</p> <p>Edad (X=26).</p> <p>- Hombres (n=19)</p> <p>- Mujeres (n=13)</p>	<p>Ambos grupos realizaron el mismo protocolo de rehabilitación durante 12 semanas posquirúrgica.</p> <p>GI: utilizó la oclusión arterial (BFR) del 80% de la extremidad operada</p> <p>GC: sin BFR</p>	<p>1)Densidad mineral ósea (DMO): DEXA</p> <p>2)Masa magra (LM): DEXA</p>	<p>Después de RLCA, la BFR puede disminuir la pérdida de masa muscular y ósea hasta 12 semanas después de la operación y puede mejorar el tiempo de regreso al deporte (RTS) con resultados comparables a la rehabilitación estándar.</p>
Curran <i>et al.</i> , 2020	<p>Deportistas sometidos a RLCA mediante autoinjerto de hueso-tendón rotuliano-hueso, un autoinjerto de tendón semitendinoso o un autoinjerto de tendón del cuádriceps (n=34).</p> <p>Edad (X=16,5).</p> <p>- Hombres (n=15)</p> <p>- Mujeres (n=19)</p>	<p>Se asignaron a 4 grupos aleatoriamente: concéntrico (n=8), excéntrico (n=8), concéntrico con BFRT (n=9) y excéntrico con BFRT (n=9).</p> <p>Todos realizaron 4 series de 10 repeticiones 2 veces por semana durante 8 semanas. Los dos grupos BFRT con una oclusión del 80%.</p>	<p>1)Fuerza de la rodilla: dinamómetro Biodex System 3.</p> <p>2)Volumen músculo recto femoral: ecografía</p>	<p>Un BFRT de 8 semanas más una intervención de ejercicio de alta intensidad no mejoró significativamente la fuerza, la activación o el volumen del cuádriceps.</p>
Hughes <i>et al.</i> , 2019	<p>Pacientes programados para cirugía ACLR unilateral con autoinjerto de tendón de la corva (n=28).</p>	<p>GI: entrenamiento de resistencia a la restricción de flujo sanguíneo (BFR-RT) con un 80% de oclusión (n=14).</p> <p>GC: entrenamiento de resistencia con cargas pesadas tradicional (HL-RT) (n=14).</p> <p>Completaron 8 semanas de entrenamiento de prensa de piernas unilateral en ambas extremidades, con 16 sesiones junto con rehabilitación hospitalaria.</p>	<p>1)Fuerza muscular: dinamómetro isocinético Biodex System 4.</p> <p>2)Morfología muscular: ecografía.</p> <p>3)Función física: International Knee Documentation Criteria (IKDC).</p> <p>4)Control postural: prueba equilibrio de excursión en estrella modificada (SEBT).</p> <p>5)Dolor: escala Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS).</p> <p>6)ROM: goniómetro.</p> <p>7)Derrame: cinta métrica.</p> <p>8)Laxitud de la articulación de la rodilla: artrómetro del ligamento de la rodilla KT-1000.</p>	<p>La BFR-RT puede mejorar la hipertrofia y la fuerza del músculo en un grado similar a la HL-RT con mayor reducción del dolor y el derramen en las articulaciones de rodilla.</p>

Minshull <i>et al.</i> , 2021	<p>Pacientes con reconstrucción de LCA (n=44).</p> <p>Edad 15 - 60 años.</p>	<p>GI: educación cruzada (CE). Programa estandarizado de rehabilitación del LCA + 8 semanas de entrenamiento de fuerza en la extremidad no operada (n=22).</p> <p>GC: misma rehabilitación del LCA + ejercicio simulado de flexibilidad bilateral de las extremidades superiores (EESS) (n=22).</p>	<p>1) Fuerza máxima cuádriceps (QPF): dinamómetro</p> <p>2) Fuerza máxima isquiotibiales (HPF): dinamómetro</p> <p>3) Tasa desarrollo de fuerza (RFD)</p> <p>4) Salto a distancia: HOP test</p> <p>5) Función física: International Knee Documentation Criteria (IKDC).</p>	<p>El entrenamiento de fuerza CE de alta intensidad atenuó la disminución posoperatoria del QPF y debe considerarse en la fase temprana de rehabilitación del LCA.</p>
Wang <i>et al.</i> , 2023	<p>Deportistas de distintas disciplinas sometidos a RLCA (n=41).</p> <p>Edad (X=21,9).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hombres (n=14)</li> <li>- Mujeres (n=27)</li> </ul>	<p>GI: utilizaron el aparato de pruebas isocinéticas IsoMed-2000 durante 4 semanas (5 veces por semanas de flexión y extensión) (n=21).</p> <p>GC: utilizaron el entrenador neumático de rodilla finlandés HUR (50% - 70% de resistencia).</p>	<p>1) Propiocepción: dispositivo kinestésico de rodilla.</p> <p>2) Equilibrio: pie descalzo unilateral sobre un banco medición 3D</p> <p>3) Fuerza: dinamómetro Iso-Med-2000.</p>	<p>Agregar entrenamiento regular de fuerza muscular isocinética al entrenamiento de rehabilitación mejoró aún más la flexión de la rodilla y la fuerza extensora y resistencia. También mejoró el equilibrio entre anterior y posterior.</p>
Li <i>et al.</i> , 2023	<p>Se reclutaron a una comunidad de personas que se sometieron a reconstrucción del ligamento cruzado anterior (RLCA) (n=23).</p> <p>Edad (X=29,67)</p>	<p>Todos fueron sometidos a diferentes niveles de BFR, combinados con rehabilitación convencional del cuádriceps durante 8 semanas.</p> <p>GI-1: grupo de presión de oclusión arterial (AOP) del 40% (n=9).</p> <p>GI-2: grupo de presión de oclusión arterial (AOP) del 80% (n=8).</p> <p>GC: grupo de presión de oclusión arterial (AOP) del 0% (n=6).</p>	<p>1) Fuerza del cuádriceps: dinamómetro Biodex 3.0.</p> <p>2) Grosor muscular: ecografía.</p> <p>3) Función de la articulación de la rodilla: International Knee Documentation Criteria (IKDC).</p> <p>4) Estabilidad de la articulación de la rodilla: Y Balance Test (YBT).</p>	<p>La combinación de BFR y entrenamiento de baja intensidad puede mejorar eficazmente la fuerza muscular y el grosor de los extensores. Elegir una intensidad del 80% del AOP podría proporcionar mayores beneficios.</p>
Li <i>et al.</i> , 2022	<p>Pacientes que se sometieron a reconstrucción del LCA de una rodilla (n=60)</p> <p>Edad 18 – 65 años.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hombres (n=34)</li> <li>- Mujeres (n=23)</li> </ul> <p>Terminaron ensayo (n=57).</p>	<p>GI: entrenamiento acuático (WBG) caminaron en una cinta de correr acuática (n=30).</p> <p>GC: entrenamiento en tierra (LBG) caminaron en una cinta de correr estándar en tierra (n=27).</p> <p>Recibieron el mismo protocolo, ejercicios 4 veces/semana durante 3 semanas.</p>	<p>1) Propiocepción: single leg standing balance test, stability limit index y Passive position sense (PAPS).</p> <p>2) Rendimiento rodilla: Lysholm score.</p> <p>3) Fuerza flexores y extensores: dinamómetro isocinético (Biodex Medical Systems).</p>	<p>Los resultados sugieren que el ejercicio en agua podría conducir a mayores mejoras en la fuerza de los músculos extensores, propiocepción y rendimiento de la rodilla.</p>

Shein <i>et al.</i> , 2019	<p>Pacientes sometidos a reconstrucción de LCA con un injerto de rótula, tendón de la corva y aloinjerto en una sola rodilla a los 3 y 6 meses del posoperatorio (n=52).</p> <p>Edad 16 – 52 años.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hombres (n=31)</li> <li>- Mujeres (n=21)</li> </ul>	<p>Los pacientes de los grupos A, B, C y D fueron entrenados con un régimen de rehabilitación estándar + caminata adicional hacia atrás.</p> <p>Grupo A: una inclinación de 0° (n=10).</p> <p>Grupo B: una inclinación de 5° (n=11).</p> <p>Grupo C: una inclinación de 10° (n=11).</p> <p>Grupo D: una inclinación de 15° (n=10).</p> <p>GC: el grupo control únicamente utilizando el régimen de ejercicios de rehabilitación estándar (n=10).</p>	<p>1)Propiocepción de rodilla: Angle Reproduction Test (ART) y Passive Motion Perception Test (PMPT).</p>	<p>Caminar hacia atrás como técnica de rehabilitación mejoró la propiocepción de la rodilla. Aumentar el ángulo de la cinta mejoró la eficacia de la rehabilitación.</p>
Kaya <i>et al.</i> , 2019	<p>Pacientes sometidos a LCA-R primaria utilizando un aloinjerto de tendón tibial anterior (n=57).</p> <p>Edad 14 – 55 años.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hombres (n=57)</li> </ul> <p>Completaron el estudio (n=32).</p>	<p>Se realiza un programa de rehabilitación estándar para los dos grupos.</p> <p>GI: se agregaron ejercicios de control neuromuscular de las extremidades inferiores (EEII) (n=17).</p> <p>GC: programa de rehabilitación estándar (n=15).</p>	<p>1)Laxitud ligamentos: prueba de esfuerzo de desplazamiento de pivote, cajón anterior y valgo.</p> <p>2) Fuerza muscular de la rodilla: dinamómetro isocinético Biodex System Pro3.</p> <p>3)Propiocepción de la rodilla: Joint Position Sense (JPS) con Active Angle Reproduction (AAR).</p> <p>4)Nivel funcional: salto a una pierna.</p>	<p>El programa de ejercicios de control neuromuscular fue más efectivo para reducir la diferencia de fuerza y mejoró la propiocepción, mientras que el programa estándar resultó ser más efectivo para reducir la resistencia entre una rodilla y la otra.</p>
Moran <i>et al.</i> , 2019	<p>Pacientes con una reconstrucción de LCA mediante un injerto del tendón rotuliano, semitendinoso o gracilis (n=23).</p> <p>Edad 18 – 40 años.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hombres (n=23)</li> </ul>	<p>Grupo de estimulación eléctrica funcional (FES) del cuádriceps: en cuádriceps durante 10 minutos 3 días a la semana, mientras caminan junto con rehabilitación estándar.</p> <p>Grupo estimulación eléctrica neuromuscular (NMES) del cuádriceps: mismo sistema de estimulación eléctrica con entrenamiento NMES durante 10 minutos, 3 días a la semana con rehabilitación estándar.</p>	<p>1)Velocidad de la marcha: 10-m walk test (10MWT).</p> <p>2)Fuerza máxima isométrica de cuádriceps: dinamómetro Biodex Multi-Joint System.</p> <p>3)Simetría de la fuerza: relación entre extremidad operada y no operada.</p>	<p>FES cuádriceps combinada con rehabilitación tradicional es una opción de tratamiento de intervención temprana factible. FES es más efectiva para recuperar la fuerza del cuádriceps que la NMES.</p>

Palmieri-Smith <i>et al.</i> , 2022	<p>Pacientes que sufrían una rotura aguda del LCA y someterse a una reconstrucción de LCA mediante un autoinjerto (n=30).</p> <p>Edad 14 – 40 años</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hombres (n=12)</li> <li>- Mujeres (n=18)</li> </ul> <p>Terminan ensayo (n=26)</p>	<p>Todos los individuos se sometieron a rehabilitación estándar + una caminata 2-3 veces por semana en 8 semanas. Asignados en 3 grupos:</p> <p>G1: entrenamiento de resistencia funcional (FRT) con una rodillera personalizada aplicada a la pierna del LCA.</p> <p>G2: FRT con banda elástica atada al tobillo de la pierna del LCA.</p> <p>G3: condición Target Match donde se aplica resistencia externa.</p>	<p>1)Fuerza rodilla: dinamómetro Biodex System 3.</p>	<p>La FRT con rodillera personalizada da mejoras en la fuerza de los extensores y flexores de la rodilla. Es adyuvante beneficioso para la rehabilitación del LCA.</p>
Vidmar <i>et al.</i> , 2020	<p>Deportistas recreativos sometidos a una cirugía de reconstrucción del LCA mediante banda simple con injerto autólogo de tendones flexores ipsilaterales de la rodilla (n=30).</p> <p>Edad 18 – 40 años.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hombres (n=30)</li> </ul>	<p>Todos participaron en un programa de rehabilitación estándar de 6 semanas.</p> <p>G1: utilizaron un entrenamiento excéntrico isocinético con un dinamómetro Biodex Multi-Joint System 3 Pro.</p> <p>GC: programa entrenamiento excéntrico convencional con una silla extensora.</p>	<p>1)Masa muscular: resonancia magnética T2.</p> <p>2)Fuerza muscular: dinamómetro Biodex Multi-Joint System 3 Pro.</p> <p>3)Desempeño funcional: Lysholm score y single leg hop test.</p>	<p>El entrenamiento excéntrico isocinético promueve mayores respuestas que el entrenamiento excéntrico convencional sobre la masa muscular y la fuerza del cuádriceps.</p>
Coulondre <i>et al.</i> , 2022	<p>Pacientes con desgarró unilateral del LCA y en espera de cirugía con autoinjerto de tendón de la corva o tendón rotuliano (n=30).</p> <p>Edad 18 – 50 años.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hombres (n=13)</li> <li>- Mujeres (n=10)</li> </ul> <p>Terminan ensayo (n=23).</p>	<p>Ambos grupos realizan una rehabilitación post-RLCA estandarizada de 24 sesiones durante 10 semanas.</p> <p>G1: rehabilitación estandarizada + vibración local (LVT) (n=11).</p> <p>GC: rehabilitación estandarizada (n=12).</p>	<p>1)Fuerza isométrica extensor: transductor de fuerza calibrado.</p> <p>2)Rendimiento funcional: Timed Up and Go Test (TUG) y 6-m Walk Test (6MWT).</p>	<p>LVT mejoró la recuperación de fuerza después de RLCA. Podría implementarse en la rehabilitación temprana.</p>
Khalid <i>et al.</i> , 2022	<p>Pacientes sometidos a una RLCA con un injerto de la corva (n=76).</p> <p>Edad 20 – 40 años.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hombres (n=43)</li> <li>- Mujeres (n=33)</li> </ul>	<p>Todos los participantes recibieron un total de 18 sesiones durante 6 semanas.</p> <p>G1: entrenamiento neuromuscular (n=38).</p> <p>G2: entrenamiento de fuerza (n=38).</p>	<p>1)Dolor: Numeric Pain rating Scale (NPRS).</p> <p>2)Nivel funcional: Cincinnati Knee Score.</p> <p>3)Calidad de vida: SF-36.</p> <p>4)Potencia y fuerza: Single Leg Hop, Triple Hop, Crossover Hop y 6MWT.</p>	<p>El entrenamiento neuromuscular fue significativamente más efectivo para reducir el dolor; mejorando la función, la calidad de vida, la fuerza y la potencia.</p>

Ogrodzka-Ciechano wicz <i>et al.</i> , 2021	<p>Pacientes intervenidos de RLCA con un método autógeno-injerto de tendón semitendinoso (ST) (n=35).</p> <p>Edad 21 – 50 años.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hombres (n=35)</li> </ul>	<p>Los pacientes fueron sometidos a rehabilitación durante 6 meses.</p> <p>GI: con High Tone Power Therapy (HiToP) (n=17).</p> <p>GC: con High Tone Power Therapy (n=18).</p>	<p>1) Fuerza muscular extensor: fuerza muscular isométrica 2001 Metitur Ltd.</p> <p>2) ROM: goniómetro.</p> <p>3) Dolor: EVA</p> <p>4) Desempeño funcional: Lysholm score.</p>	<p>El uso de HiTop tiene un efecto beneficioso sobre la fuerza muscular, la reducción del derrame articular, la ganancia de masa muscular y la función articular.</p>
Labianca <i>et al.</i> , 2022	<p>Pacientes sometidos a RLCA con autoinjerto doble de tendón gracilis y semitendinoso (n=52).</p> <p>Edad 18 – 45 años.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hombres (n=52)</li> </ul>	<p>GI: recibió un protocolo de rehabilitación estándar con ejercicios musculares isométricos e isotónicos, ROM articular y hielo + la aplicación de Kinesio Taping (KT) durante 4 semanas cada 5 días (n=26).</p> <p>GC: recibió el mismo tratamiento sin el KT (n=26).</p>	<p>1) Dolor: EVA</p> <p>2) Edema: cinta métrica.</p> <p>3) Masa muscular: cinta métrica.</p> <p>4) ROM pasivo.</p> <p>5) Desempeño funcional: Tegner-Lysholm Knee Scale y Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS).</p>	<p>La aplicación de KT contribuyó a aliviar el dolor y reducir el edema en la rehabilitación posoperatoria temprana.</p>
Oliveira <i>et al.</i> , 2022	<p>Pacientes sometidos a una reconstrucción del LCA con injerto de hueso, tendón rotuliano y hueso (n=88).</p> <p>Edad (X=28,5).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hombres (n=59)</li> <li>- Mujeres (n=29)</li> </ul>	<p>Todos realizaron un programa de 8 semanas con 2 sesiones por semana.</p> <p>GI: realizó ejercicios de resistencia unilaterales (solo para la extremidad donante) (n=44).</p> <p>GC: realizó ejercicios bilaterales (n=44).</p>	<p>1) Fuerza muscular: dinamometría isocinética.</p> <p>2) ROM: goniometría.</p> <p>3) Laxitud anteroposterior de la rodilla: artrómetro KT-1000.</p> <p>4) Funcionalidad objetiva: Single-leg Hop Test.</p> <p>5) Funcionalidad subjetiva: Lysholm score.</p>	<p>El ejercicio unilateral fue más efectivo para obtener simetría funcional y de fuerza muscular entre extremidades. El ejercicio isotónico bilateral también mejoró la fuerza para la extremidad intervenida.</p>
Toth <i>et al.</i> , 2020	<p>Pacientes con rotura aguda del LCA por primera vez (n=25).</p> <p>Edad 18 – 50 años.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hombres (n=12)</li> <li>- Mujeres (n=13)</li> </ul> <p>Completaron el ensayo (n=21).</p>	<p>GI: pacientes sometidos a estimulación eléctrica neuromuscular (NMES) en el cuádriceps de la pierna operada 5 días/semana (n=9).</p> <p>GC: sometidos a un tratamiento simulado (estimulación nervios eléctrica con microcorriente simulada 5 días/semana (n=7).</p>	<p>1) Función extensores rodilla: dinamómetro HUMAC/NORM 770.</p> <p>2) Actividad física: acelerómetro uniaxial.</p> <p>3) Tamaño del músculo del muslo: tomografía computarizada (CT).</p> <p>4) Contractilidad: biopsias musculares bilaterales del vasto lateral (VL).</p>	<p>Las NMES utilizan una atrofia reducida de las fibras del MHC II y conservan contractilidad en las fibras MHC I. Demuestran la utilidad del uso temprano de NMES.</p>

			5)Tamaño de la fibra muscular: inmunohistoquímica.  6)Función de las EEII: International Knee Documentation Criteria (IKDC) y Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS).	
Forelli <i>et al.</i> , 2024	Atletas recreativos después de una cirugía RLCA mediante injerto de tendón de la corva (n=53).  Edad 18 – 40 años.  - Hombres (n=32) - Mujeres (n=21)	GI: realiza ejercicios de cadena cinética abierta (OKC) y cadena cinética cerrada (CKC) en combinación (n=25).  GC: realiza solo ejercicios cadena cinética cerrada (CKC) (n=28).	1)Laxitud anterior de la rodilla: dispositivo GNRB.  2)Fuerza muscular: dinamómetro isocinético.	El inicio temprano de OKC junto con ejercicios de CKC no parece aumentar la laxitud del injerto en comparación con un programa de rehabilitación con solo ejercicios CKC. Hubo una diferencia significativa en la fuerza entre el grupo intervención y el control, mejorando la fuerza en el grupo que utilizó OKC, en fase temprana.

**Tabla 2. Características de los estudios.** Abreviaturas. AOP: Arterial Oclusión Pressure, AAR: active angle reproduction, ART: angle reproduction test, BFR: blood flow restriction, CON: grupo concéntrico, CE: cross education, CKC: closed kinetic chain, CT: computed tomography, DMO: densidad mineral ósea, ECC: grupo excéntrico, EEII: extremidades inferiores, EVA: escala visual analógica, FES: functional electrical stimulation, FRT: functional resistance training, HL-RT: traditional heavy load resistance, HiTop: high tone power therapy, HPF: fuerza máxima isquiotibiales, IKDC: international knee documentation criteria, JPS: joint position sense, KT: kinesio taping, KOOS: knee injury and osteoarthritis outcome score, LCA: ligamento cruzado anterior, LVT: vibración local, MHC: myosin heavy chain, NMES: neuromuscular electrical stimulation, NPRS: numeric pain rating scale, OKC: open kinetic chain, PAPS: passive position sense, PMPT: passive motion perception test, QPF: fuerza máxima cuádriceps, ROM: rango de movimiento, rESWT: extracorporeal radial shock wave therapy, RLCA: reconstrucción de ligamento cruzado anterior, RFD: force development rate, SEBT: modified star excursion balance test, TENS: transcutaneous electrical nerve stimulation.

### 4.3. Riesgo de sesgo de los estudios individuales

La evaluación del riesgo de sesgo se ha hecho siguiendo la herramienta RoB 2 de Cochrane para ensayos clínicos [54].

	D1	D2	D3	D4	D5	Riesgo de sesgo global
Milandri 2021	+	-	-	-	+	Alto riesgo de sesgo
Song 2024	+	+	+	-	+	Bajo riesgo de sesgo
Forogh 2019	+	+	+	-	+	Bajo riesgo de sesgo
Jack 2023	+	-	+	+	+	Bajo riesgo de sesgo
Curran 2020	+	-	+	-	+	Moderado riesgo de sesgo

Hughes 2019	+	+	+	+	+	Bajo riesgo de sesgo
Minshull 2021	+	?	-	?	+	Alto riesgo de sesgo
Wang 2023	+	+	-	+	+	Bajo riesgo de sesgo
Li 2023	+	+	-	?	+	Moderado riesgo de sesgo
Li 2022	+	+	+	+	+	Bajo riesgo de sesgo
Shein 2019	+	-	+	+	+	Bajo riesgo de sesgo
Kaya 2019	+	+	-	+	+	Bajo riesgo de sesgo
Moran 2019	+	+	-	-	+	Moderado riesgo de sesgo
Palmieri 2022	+	-	-	-	+	Alto riesgo de sesgo
Vidmar 2020	+	-	+	+	+	Bajo riesgo de sesgo
Coulondre 2022	+	-	-	-	+	Alto riesgo de sesgo
Khalid 2022	+	-	+	+	+	Bajo riesgo de sesgo
Ogrodzka-Ciechanowicz 2021	+	-	-	+	+	Moderado riesgo de sesgo
Labianca 2022	+	+	+	-	+	Bajo riesgo de sesgo
Oliveira 2022	+	+	+	+	+	Bajo riesgo de sesgo
Toth 2020	+	+	-	+	+	Bajo riesgo de sesgo
Forelli 2024	-	?	+	-	+	Alto riesgo de sesgo

*Tabla 3. Herramienta RoB 2 de Cochrane para ensayos clínicos [54].* Abreviaturas: Dominio 1 (D1) sesgos por el proceso de aleatorización, Dominio 2 (D2) sesgos derivados de la desviación de las intervenciones previstas, Dominio 3 (D3) sesgos derivados de la pérdida de datos de resultados, Dominio 4 (D4) sesgos en la medición de los resultados, Dominio 5 (D5) sesgos en la selección de los resultados reportados y riesgo de sesgo global.

#### 4.4. Niveles de evidencia y grados de recomendación

La evaluación de los niveles de evidencia y el grado de recomendación se ha seguido el sistema SIGN para ensayos clínicos [55]. Consta de dos tablas (Anexo 1) las cuales seguiremos para realizar la valoración de los 22 estudios seleccionados, como podemos observar en la siguiente tabla.

	Nivel de evidencia		Nivel de evidencia
Milandri 2021	1-	Kaya 2019	1++
Song 2024	1++	Moran 2019	1+
Forogh 2019	1++	Palmieri 2022	1-
Jack 2023	1++	Vidmar 2020	1++
Curran 2020	1+	Coulondre 2022	1-
Hughes 2019	1++	Khalid 2022	1++
Minshull 2021	1-	Ogrodzka-Ciechanowicz 2021	1+
Wang 2023	1++	Labianca 2022	1++
Li 2023	1+	Oliveira 2022	1++
Li 2022	1++	Toth 2020	1++
Shein 2019	1++	Forelli 2024	1-

*Tabla 4. Niveles de evidencia y grados de recomendación de SIGN [55]. Abreviaturas. NE: Nivel de Evidencia.*

La [Tabla 4](#) representa los estudios que se han seleccionado para esta revisión bibliográfica junto con su nivel de evidencia siguiendo el sistema SIGN (Scottish Intercollegiate Guidelines Network) [55].

La mayoría de los estudios tienen niveles de evidencia de 1++ y 1+, esto indica que tienen una sólida base de evidencia, lo que significa que los resultados que se han obtenido son fuertes y confiables. A pesar de haber muchos artículos con un nivel de evidencia alto (1++ y 1+), existen otros estudios con niveles de evidencia bajos (1-). Esto nos indica que la calidad de la evidencia puede variar entre los estudios seleccionados.

Considerando que la mayor parte de los estudios demuestran niveles de evidencia sólidos (1++ y 1+), se puede asignar un grado de recomendación A. Se ha asignado el grado de recomendación A, ya que existen estudios con evidencia de alta calidad.

#### 4.5. Resultados de los estudios individuales

Antes de realizar el resumen de los resultados sacados de cada estudio analizado, a continuación, se muestra con la ayuda de la [Tabla 5](#) la relación de las intervenciones con la reconstrucción de Ligamento Cruzado Anterior y los resultados relevantes obtenidos.

	<b>Autor, año</b>	<b>Resultados relevantes</b>
<i>Blood Flow Restriction</i> (BFR)	Jack <i>et al.</i> , 2023 [30]	Disminución de la pérdida de masa muscular y ósea hasta 12 semanas.
	Curran <i>et al.</i> , 2020 [31]	BFR con ejercicios de alta intensidad no se observa mejora.
	Hughes <i>et al.</i> , 2019 [32]	Mejora en la hipertrofia y fuerza del músculo igual que en el programa HL.  Mejora en el equilibrio, ROM, reducción del dolor y derrame.
	Li <i>et al.</i> , 2023 [33]	Junto con entrenamiento de baja intensidad mejora eficazmente de fuerza y grosor muscular.
ECC/CON	Milandri <i>et al.</i> , 2021 [34]	El ECC no fue más efectivo clínicamente.  Mejora en la fuerza de los isquiotibiales y un aumento similar de la fuerza del cuádriceps en ambos grupos.
Ondas de choque extracorpóreas (rESWT)	Song <i>et al.</i> , 2024 [35]	En uso temprano mejora la función de la articulación, alivio del dolor y la capacidad de la vida diaria.
TENS	Forogh <i>et al.</i> , 2019 [36]	No es eficaz.
Educación cruzada (CE)	Minshull <i>et al.</i> , 2021 [37]	Disminución en QPF a las 10 semanas.
Aparato isocinético IsoMed-2000	Wang <i>et al.</i> , 2023 [38]	Mejora la flexión de la rodilla y fuerza extensora.
Entrenamiento acuático en cinta	Li <i>et al.</i> , 2022 [39]	Mejora en la fuerza de los extensores, propiocepción y rendimiento de la rodilla.
Caminata hacia atrás	Shein <i>et al.</i> , 2022 [40]	Mejora en la propiocepción de rodilla.
Ejercicios control neuromuscular	Kaya <i>et al.</i> , 2019 [41]	Mejora en la fuerza y propiocepción.  El programa estándar más efectivo en reducir la resistencia entre una rodilla y la otra.
Estimulación eléctrica funcional (FES)	Moran <i>et al.</i> , 2019 [42]	Mejora en la fuerza del cuádriceps y en la simetría de fuerza entre las dos extremidades.
Resistencia funcional	Palmieri-Smith <i>et al.</i> , 2022 [43]	Mejora en la fuerza de los extensores y flexores de la rodilla.
OKC/CKC	Forelli <i>et al.</i> , 2024 [44]	No se observa diferencia.
Entrenamiento excéntrico isocinético	Vidmar <i>et al.</i> , 2020 [45]	Mejora en la masa muscular y la fuerza excéntrica e isométrica.  No hay diferencia en la fuerza concéntrica, puntuación de Lysholm y prueba de salto en 1 pierna.

Vibración local (LVT)	Coulondre <i>et al.</i> , 2022 [46]	Hubo una mejora en la fuerza máxima. También en la simetría de las extremidades, pero no significativamente.
Entrenamiento neuromuscular vs entrenamiento de fuerza	Khalid <i>et al.</i> , 2022 [47]	El entrenamiento neuromuscular más efectivo en reducir el dolor, mejorando la función, la calidad de vida, la fuerza y la potencia.
HiTop	Ogrodzka-Ciechanowicz <i>et al.</i> , 2021 [48]	Tiene un efecto beneficioso sobre la fuerza muscular, la reducción del derrame articular, la ganancia de masa muscular y la función articular.
Kinesio Taping	Labianca <i>et al.</i> , 2022 [49]	Mejora en el dolor y la reducción del edema en posoperatorio temprano.
Ejercicios unilaterales vs bilaterales	Oliveira <i>et al.</i> , 2022 [50]	Ejercicio unilateral más efectivo en obtener simetría funcional, fuerza muscular máxima el ROM de flexión, la prueba de salto 1 pierna y la puntuación de Lysholm  Ejercicio bilateral también proporcionó mejoras en la fuerza.
Estimulación eléctrica neuromuscular (NMES)	Toth <i>et al.</i> , 2020 [51]	Redujo la atrofia de las fibras musculares y preservó la contractibilidad.

*Tabla 5. Resumen de los resultados relevantes obtenidos. Abreviaturas. ECC: grupo excéntrico, CON: grupo concéntrico, TENS: estimulación eléctrica transcutánea, HL: cargas pesadas, QPF: fuerza máxima cuádriceps, OKC: cadena cinética abierta, CKC: cadena cinética cerrada, HiToP: High Tone Power Therapy, ROM: rango de movimiento.*

#### 4.6. Resultados de la síntesis

##### Fuerza de los cuádriceps

Doce de diecisiete (70,58%) estudios encontraron un aumento en la fuerza del cuádriceps. Milandri *et al.*, con su estudio comparando un entrenamiento excéntrico y un entrenamiento concéntrico tuvieron aumentos similares notables en la fuerza del cuádriceps [34]. Wang *et al.*, utilizaron un aparato de pruebas isocinéticas para realizar un entrenamiento de fuerza muscular isocinética aumentando significativamente un 40,3%, en comparación con el grupo control, la fuerza del cuádriceps a las 4 semanas de entrenamiento [38]. Li *et al.*, utilizaron un entrenamiento en diferentes niveles de restricción del flujo sanguíneo. Después de 8 semanas de intervención, el grupo de compresión del 80% mejoró la fuerza del cuádriceps en comparación con el grupo de 40% de compresión y el grupo control [33]. Li *et al.*, realizaron una comparación entre un entrenamiento en una cinta de correr sumergida en agua y una cinta en tierra. En el grupo de cinta sumergida en agua se observó una mejora significativa en el cuádriceps (20%) en comparación con el grupo de cinta en tierra [39]. Kaya *et al.*, informaron que un programa de rehabilitación estándar junto con ejercicios de control motor de las extremidades inferiores aumenta la fuerza muscular del cuádriceps [41]. Moran *et al.*, demostraron que la estimulación eléctrica funcional (FES) del cuádriceps aumenta la fuerza

un 82% en comparación con el grupo de estimulación eléctrica neuromuscular (NMES) 47%. Además, después de 4 semanas, el grupo FES tuvo una simetría de fuerza entre las extremidades significativamente mejor que el grupo NMES [42]. Palmieri et al., encontraron que el grupo de entrenamiento de resistencia funcional con un aparato ortopédico personalizado (BRACE) tuvo un aumento del 48% en la fuerza desde el inicio [43]. Forelli et al., demostraron que se debe introducir un entrenamiento temprano de alto volumen con ejercicios de cadena cinética abierta (OKC) y cadena cinética cerrada (CKC), ya que hubo una mejora significativa en la fuerza del cuádriceps a los 3 meses entre el grupo que utilizó OKC y CKC en comparación con el grupo que utilizó solo CKC, sin embargo, a los 6 meses no hubo diferencia [44]. Coulondre et al., encontraron que agregar entrenamiento con vibración local junto con un plan de rehabilitación estándar durante 10 semanas poscirugía, mejora la recuperación de la fuerza del cuádriceps significativamente [46]. Khalid et al., revelaron que el entrenamiento neuromuscular es significativamente más eficaz para aumentar la fuerza del cuádriceps en comparación con un entrenamiento de fuerza [47]. Ogrodzka-Ciechanowicz et al., describieron la eficacia de la terapia High Tone Power en rehabilitación descubriendo una mejora significativa en la fuerza del cuádriceps [48]. Oliveira et al., compararon los ejercicios de resistencia unilateral versus bilateral. Encontraron diferencias significativas en la fuerza del cuádriceps, aumentando en el grupo de ejercicios unilaterales. Aunque cabe destacar que en los dos grupos hubo mejoras en la fuerza [50].

Por el contrario, Curran et al. y Hughes et al., con entrenamiento de restricción del flujo sanguíneo con ejercicio de alta intensidad o entrenamiento de resistencia a cargas pesadas, demostraron que no mejora la fuerza del cuádriceps [31,32]. Vidmar et al., demostraron que no hubo diferencias en la fuerza del cuádriceps entre el grupo que realizaron un programa de entrenamiento excéntrico y el uso del dinamómetro isocinético [45].

### Fuerza de los isquiotibiales

Seis de ocho (75%) estudios se encontró un aumento de la fuerza de los isquiotibiales. Milandri et al., con su estudio comparando un entrenamiento excéntrico y un entrenamiento concéntrico tuvieron una mejora del 15,4% en el grupo excéntrico, pero no en el grupo concéntrico [34]. Wang et al., utilizaron un aparato de pruebas isocinéticas para realizar un entrenamiento de fuerza muscular aumentando significativamente un 31,7%, en comparación con el grupo control [38]. Kaya et al., informaron que además de aumentar la fuerza del cuádriceps también aumentó la fuerza de los isquiotibiales, con ejercicios de control motor [41]. Palmieri et al., encontraron que el grupo de entrenamiento de resistencia funcional con un aparato ortopédico personalizado (BRACE), tuvo un aumento de >30% en la fuerza de los isquiotibiales desde el inicio [43]. Forelli et al., demostraron que el grupo que utilizó OKC y CKC en comparación con el grupo que utilizó solo CKC, tuvo un aumento en la fuerza de los

isquiotibiales tanto a los 3 meses como a los 6 meses [44]. Oliveira et al., demostraron que el protocolo unilateral obtuvo el nivel más alto de simetría entre ambas extremidades [50].

En cambio, hubo artículos en los que no se encontraron diferencias significativas entre el grupo intervención y el grupo control. Minshull et al., no mostraron diferencias entre los grupos a las 10 semanas después de la cirugía [37]. Li et al., demostraron que sí que hubo un aumento de la fuerza del cuádriceps, pero no hubo diferencia entre los grupos en los flexores de rodilla [39].

#### Rango de movimiento

Cuatro de seis (66,7%) estudios se encontró un aumento del ROM. Song et al., demostraron que con un tratamiento con rehabilitación estándar más ondas de choque extracorpóreas radiales (rESWT) se conseguía aumentar el ROM hasta 20° y 45° a las 3 y 6 semanas después del tratamiento. En cambio, a las 24 semanas ya no se observaron diferencias significativas [35]. Hughes et al., con el entrenamiento de restricción de flujo con entrenamiento de resistencia a cargas pesadas, no se observaron cambios en la extensión, pero sí cambios significativos en la flexión, aproximadamente 20° entre el grupo intervención y el grupo control [32]. Ogrodzka-Ciechanowicz et al., con la terapia High Tone Power demostraron que después de la terapia, encontraron una mejora en el rango de movimiento de extensión de rodilla [48]. Oliveira et al., demostraron que no hubo diferencia entre el grupo intervención y el grupo control referente a los grados de flexión, en cambio, en la hiperextensión se observaron cambios significativos en el grupo unilateral [50].

Por otro lado, Forogh et al., demostraron que la aplicación de TENS la rehabilitación temprana no era eficaz para la mejora del rango de movimiento [36]. Al igual que Labianca et al., con la aplicación de Kinesio Taping, no contribuyó a la mejora del ROM [49].

#### Atrofia muscular

Seis de ocho (75%) estudios defirieron una disminución en la atrofia muscular. Jack et al., demostraron que el uso del BFR combinado con ejercicios de baja carga es eficaz para minimizar la atrofia muscular en las primeras etapas después de la cirugía (1 a 4 semanas) [30]. Li et al., también utilizaron el BFR con distintos niveles de restricción del flujo sanguíneo, disminuyendo la atrofia hasta 2 cm. en el grupo de 80% de AOP y 1 cm. en el grupo 40% de AOP respecto al grupo control [33]. Vidmar et al., demostraron que un entrenamiento excéntrico isocinético de cuádriceps con un dinamómetro isocinético se consigue aumentar la masa muscular un 17-23% en comparación con el grupo control, disminuyendo así la atrofia muscular [45]. Toth et al., con estimulación eléctrica neuromuscular durante 5 días por semana se reducía la atrofia muscular de las fibras musculares a través de efectos sobre las fibras de cadena pesada de miosina (MHC) II de contracción rápida [51]. Hughes et al.,

observaron que había un aumento significativo en el grosor muscular tanto en el grupo BFR como en el grupo de entrenamiento de resistencia tradicional con cargas pesadas [32]. Ogrodzka-Ciechanowicz et al., con la terapia High Tone Power demostraron que había un aumento en la circunferencia del muslo en el grupo experimental vs el grupo control (45,5 cm. vs 40 cm.) [48].

Por otra parte, Curran et al., con entrenamiento de restricción del flujo sanguíneo con ejercicio de alta intensidad y Labianca et al., con la aplicación de Kinesio Taping, observaron que no había diferencias significativas entre el grupo experimental y el grupo control en la disminución de la atrofia muscular [31,49].

### Dolor

Referente al dolor, cinco de siete artículos (71,4%) demostraron que existía una disminución del dolor. Song et al., demostraron que un tratamiento con ondas de choque extracorpóreas radiales (rESWT) es efectivo para disminuir la puntuación en la escala visual analógica (EVA) a las 3 y 6 semanas después de la intervención [35]. Igual que Hughes et al., con un entrenamiento a cargas pesadas con BFR, observaron que hubo un aumento significativo en la puntuación *Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)* en el grupo experimental en comparación con el grupo control [32]. Khalid et al., demostraron que el entrenamiento neuromuscular es eficaz para disminuir el dolor, mejorando significativamente la puntuación de *Numeric Pain Rating Scale (NPRS)* [47]. Labianca et al., con la aplicación de Kinesio Taping, el grupo experimental mostró puntuaciones de intensidad del dolor más bajas en la segunda semana en comparación con el grupo control, en cambio a partir de la cuarta semana ya no se observaron cambios [49]. Milandri et al., demostraron que tanto con un entrenamiento excéntrico y uno concéntrico se observan puntuaciones bajas de dolor en ambos grupos [34].

En cambio, hubo dos estudios en los que se observó una variación del dolor. Forogh et al., con la aplicación del TENS y Ogrodzka-Ciechanowicz et al., con la terapia High Tone Power, no defirieron estadísticamente de manera significativa entre el grupo experimental y el control [36,48].

### Otros

Se ha decidido destacar 5 artículos de los cuales miden la capacidad funcional de la rodilla con un cuestionario que lo rellenan todos los pacientes, el *International Knee Documentation Criteria (IKDC)*. Este cuestionario trata de 18 declaraciones sobre síntomas, deportes y actividades de la vida diaria, dando una puntuación mínima de 1 y una máxima y óptima de 100 [52].

Hughes et al., se encontró un aumento del IKDC para el grupo de BFR durante 8 semanas de entrenamiento [32]. Li et al., demostraron que con una oclusión del 40% aumentaba 7,67 y

con un 80% de oclusión 19,63 puntos [33]. Minshull et al., observaron que con un entrenamiento de fuerza contralateral aumenta la puntuación IKDC un 23% [37]. Song et al., demostraron que la puntuación del grupo experimental aumentó notablemente a las 3 y 6 semanas después del tratamiento con ondas de choque extracorpóreas radiales (rESWT) [35].

En cambio, Forogh et al., demostraron que no hubo diferencias significativas entre ambos grupos [36].

Otra medición que me gustaría destacar es la propiocepción. Cuatro artículos utilizan esta medida para comprobar la efectividad del tratamiento usado. Se utilizaron herramientas como: *Joint Position Sense (JPS)*, *Active Angle Reproduction (AAR)*, dispositivo kinestésico de rodilla, *single leg standing balance test*, *Passive Position Sense (PAPS)*...

Li et al., con el entrenamiento en cinta acuática mejoraron significativamente la propiocepción después de realizar el entrenamiento [39]. Shein et al., aplicaron un entrenamiento de caminata hacia atrás en diferentes grados de inclinación, 0°, 5°, 10°, y 15°. Demostraron que mejoró la propiocepción de la articulación de la rodilla considerablemente en todos los grupos, lo que indica un gran efecto de caminar hacia atrás sobre la propiocepción [40]. Wang et al., demostraron que la propiocepción mejoraba con un entrenamiento mediante el uso de un aparato isocinético durante 4 semanas [38].

Por otra parte, Kaya et al., demostraron que con ejercicios de control neuromuscular de las EEII no se observaban diferencias en el sentido de la posición articular de la rodilla entre el lado operado y no operado en ambos grupos [41].

## 5. DISCUSIÓN

En esta revisión sobre la eficacia de intervenciones de fisioterapia en pacientes intervenidos de reconstrucción de LCA, han sido evaluados aspectos de la rehabilitación como la fuerza muscular, la movilidad articular, la atrofia muscular y el dolor. Además, se han añadido dos aspectos, la propiocepción y la funcionalidad de la rodilla.

Respecto a la fuerza muscular, en esta revisión se ha valorado el aumento de la fuerza de los cuádriceps y los isquiotibiales. La fuerza muscular tiene un papel muy importante, ya que la pérdida de fuerza del músculo esquelético, debido a la inmovilización o descarga general, está asociada con una disminución de la función física, que podría dar lugar a una función física deficiente crónica [56,57]. Los resultados obtenidos en esta revisión fueron indiscutibles debido al gran porcentaje de estudios que demostraron un aumento significativo de la fuerza del cuádriceps con varias intervenciones, como la estimulación eléctrica funcional [42],

entrenamiento excéntrico [34], entrenamiento de control motor de EEII [41]. Kochman et al, demostró que la aplicación de vibración local mejoró la fuerza del músculo cuádriceps. De manera similar, existen evidencias de estudios en que la aplicación de vibración focal mejora significativamente la fuerza del cuádriceps [58,59]. Se observa una discrepancia en el uso del *Blood Flow Restriction* (BFR). Hubo 1 estudio que demostró que la aplicación de esta técnica tiene poca claridad de si aumenta o disminuye la fuerza de los músculos extensores y flexores de la rodilla [60,61]. Además, Chang et al., demostró que un entrenamiento de resistencia de alta carga produce ganancias de fuerza muscular superiores a BFR [61]. Si que es verdad que en nuestro estudio se ha encontrado un ensayo que con una oclusión del 80% se observan mejoras en la fuerza en comparación a una oclusión del 40% y sin oclusión [33]. Esto demuestra que la evidencia sobre la aplicación del BFR no está clara.

Referente a la fuerza muscular de los isquiotibiales, hubo artículos en los que demostraron una mejora tanto en la fuerza de los músculos extensores y flexores. Cabe destacar la importancia de realizar un abordaje de los músculos agonistas como los antagonistas mediante el entrenamiento excéntrico, la resistencia funcional, ejercicios tanto en cadena cinética abierta y cadena cinética cerrada y un entrenamiento unilateral de EEII, de esta manera conseguiremos una simetría muscular entre la parte anterior y posterior del muslo [34,38,44,50].

En cuanto al rango de movimiento existen resultados variables. No existe evidencia sobre la aplicación de las ondas de choque extracorpóreas radiales (rESWT), únicamente se ha encontrado el ensayo seleccionado para este estudio, mostrando un aumento de 20° y 45° a las 3 y 6 semanas después del tratamiento. Kochman et al., en su estudio demostró que la aplicación de punción seca en etapa tardía mejoró la flexión del ROM de la rodilla [29]. Hubo un estudio que demostró que la aplicación de un entrenamiento excéntrico es una intervención efectiva para mejorar el ROM de la articulación pasiva de las extremidades inferiores [62]. En cambio, hemos demostrado junto con otros estudios evidenciados, que la aplicación de TENS y *Kinesio Taping*, no tienen ninguna influencia en la mejora del rango de movimiento [36,48,63]. Hubo un artículo que estudio la aplicación del KT, demostrando una mejora en el rango de movimiento, pero con un nivel de evidencia baja o muy baja para todos los resultados, con la necesidad de realizar más estudios para confirmar la efectividad [18].

Referente a la atrofia muscular, la gran mayoría de los estudios muestran una reducción en la atrofia muscular con variedad de intervenciones, como la estimulación eléctrica y ciertas formas de terapia física como BFR, *High Tone Power* y entrenamiento excéntrico. Kochman et al., en su estudio no tuvo en cuenta este aspecto y considero que es importante tenerlo en cuenta, ya que es un trastorno que origina la pérdida de la fuerza muscular y causa una gran

afectación en las acciones cotidianas [64]. Hubo 2 estudios que evaluaron los efectos de la terapia BFR demostrando mejoras significativas en el grosor del músculo siendo capaces de minimizar la atrofia muscular [65,66].

La mayoría de las intervenciones seleccionadas para este estudio se asocian con una disminución del dolor, según las medidas realizadas por diversas escalas del dolor: Escala Visual Analógica (EVA), escala *Knee Injury and Osteoarthritis Outcome* (KOOS) y *Numeric Pain Rating Scale* (NPRS). Sin embargo, al igual que en otros aspectos, no se muestran diferencias entre los grupos experimentales y control, como la aplicación de TENS y la terapia *High Tone Power*.

Existen estudios en los que evalúan el impacto de las intervenciones en las actividades de la vida cotidiana y la propiocepción de la rodilla. La mayoría de los estudios muestran mejoras significativas en la capacidad funcional de la rodilla, medidas por el IKDC. En la propiocepción también existen mejoras. Existen casos, como en los aspectos anteriores, en los que no se observan mejoras, como la aplicación de TENS y ejercicios de control neuromuscular.

Es de vital importancia las limitaciones que sugieren esta revisión. Existen 5 estudios que presentaron un alto riesgo de sesgo, lo que puede afectar la confiabilidad de los resultados obtenidos. Además, hay estudios en los que no se encontraron diferencias significativas entre el grupo intervención y el grupo control, lo que indica que algunas intervenciones realizadas en los estudios pueden no ser efectivas en todos los casos.

Este estudio nos ayuda a informar de la necesidad de llevar a cabo más investigaciones para abordar las limitaciones que se han encontrado y ampliar nuestro conocimiento sobre las intervenciones en paciente con reconstrucción de LCA.

## 6. CONCLUSIÓN

En conclusión, este artículo de revisión bibliográfica destaca por la selección de una variedad de intervenciones fisioterapéuticas para la rehabilitación postoperatoria del ligamento cruzado anterior. Se observa que existen varias intervenciones en las cuales muestran mejoras en la fuerza del cuádriceps e isquiotibiales, rango de movimiento, atrofia muscular y dolor. Existen algunas intervenciones en las cuales las técnicas utilizadas no son efectivas. Por lo tanto, es importante elegir cuidadosamente las intervenciones con el objetivo de realizar una rehabilitación óptima. Además, es un estudio el cual se ha obtenido un grado alto de recomendación, visto que la mayoría de los artículos han obtenido un bajo riesgo de sesgo.

Es importante destacar la necesidad de realizar más investigaciones para abordar las limitaciones que se han identificado y mejorar las intervenciones postoperatorias con el fin de llegar a realizar un protocolo único para todos los pacientes.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Valderrama AI, Granados JJ, Alvarado C, Barrera B, Hazzel E, Uriarte K, et al. Lesión del ligamento Cruzado anterior. *Mediagraphic*. 2017;13(4).
2. Larwa J, Stoy C, Chafetz RS, Boniello M, Franklin C. Stiff landings, core stability, and dynamic knee Valgus: A systematic review on documented anterior cruciate ligament ruptures in male and female athletes. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(7):3826.
3. Vaamode D, Vega A, Canales A, Barossi J. Prevención y tratamiento de lesiones de ligamento cruzado anterior relacionados con el deporte. *Revista andaluza de medicina del deporte*. 2019;12(4):381-385.
4. Choi WR, Yang J-H, Jeong S-Y, Lee JK. MRI comparison of injury mechanism and anatomical factors between sexes in non-contact anterior cruciate ligament injuries. *PLoS One*. 2019;14(8): e0219586.
5. Choi WR, Yang J-H, Jeong S-Y, Lee JK. MRI comparison of injury mechanism and anatomical factors between sexes in non-contact anterior cruciate ligament injuries. *PLoS One*. 2019;14(8): e0219586.
6. Yumiseba AS, Pogo EV, Cola DP, Mendoza GS. Reconstrucción anatómica del ligamento cruzado anterior. *Recimundo*. 2023;7(4):224-234.
7. Tang H, Xiao Y-F, Liu W-J, Meng J-H, Wu Y-M, Xiong Y-L, et al. Preferences in anterior cruciate ligament reconstruction: A survey among orthopedic surgeons in China. *Medicine (Baltimore)*. 2024;103(7): e36482.
8. Kemler B, Coladonato C, Sonnier JH, Campbell M, Darius D, Erickson BJ, et al. Evaluation of failed ACL reconstruction: An updated review. *Open Access J Sports Med*. 2024;15:29–39.
9. Simón J (2023): *Efectividad de un protocolo de rehabilitación previo a la cirugía de reconstrucción del ligamento cruzado anterior de rodilla en la posterior ganancia de funcionalidad en adultos sedentarios. Protocolo de estudio clínico aleatorizado*, Lleida.
10. Renton T., Petersen B., Kennedy S. Investigating correlates of athletic identity and sport-related injury outcomes: a scoping review. *BMJ Open*. 2021;11:e044199.
11. Lochbaum M., Cooper S., Limp S. The athletic identity measurement scale: a systematic review with meta-analysis from 1993 to 2021. *European J Investigation in Health, Psychol Educ*. 2022;12, 1391–1414.
12. McGinley J, Stapleton E, Gale E, Worrall H, Podvin C, Ellis HB, et al. Differences in athletic identity, sport participation, and psychosocial factors following anterior cruciate ligament rehabilitation in youth athletes. *Front Psychol*. 2024;14.
13. Nyland J., Pyle B. Self-identity and adolescent return to sports post-ACL injury and rehabilitation: will anyone listen? *Arthrosc Sports Med Rehabil*. 2022;4, e287–e294.

14. Filbay SR, Grindem H. Evidence-based recommendations for the management of anterior cruciate ligament (ACL) rupture. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2019;33(1):3347.
15. Elabd OM, Alghadir AH, Ibrahim AR, Hasan S, Rizvi MR, Sharma A, et al. Functional outcomes of accelerated rehabilitation protocol for anterior cruciate ligament reconstruction in amateur athletes: a randomized clinical trial. *J Rehabil Med*. 2024;56:jrm12296.
16. Ramos JJ, López FJ, Segovia JC, Martínez H, Legido JC. Rehabilitación del paciente con lesión del ligamento cruzado anterior de la rodilla (LCA). Revisión. *Rev int med cienc act fis dep*. 2008;8(29).
17. Elabd OM, Elabd AM. Functional outcomes of a criterion-based rehabilitation protocol for anterior cruciate ligament reconstruction in amateur athletes: A randomised clinical trial. *J Bodyw Mov Ther*. 2023;35:7–13.
18. Azimi A, Dizaji SR, Tabatabaei F-S, Safari S, Nakhaei Amroodi M, Azimi AF. Effect of postoperative kinesio taping on knee edema, pain, and range of motion after total knee arthroplasty and anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *JBJS Rev*. 2024;12(3).
19. Chen P, Wang L, Zhou W, Wang L. Efficacy on knee function of Kinesio taping among individuals with anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review. *PLoS One*. 2024;19(2):e0299008.
20. Peebles LA, Akamefula RA, Aman ZS, Verma A, Scillia AJ, Mulcahey MK, et al. Following anterior cruciate ligament reconstruction with bone–patellar tendon–bone autograft, the incidence of anterior knee pain ranges from 5.4% to 48.4% and the incidence of kneeling pain ranges from 4.0% to 75.6%: A systematic review of level I studies. *Arthrosc Sports Med Rehabil*. 2024;6(2):100902.
21. Koc BB, Truyens A, Heymans MJLF, Jansen EJP, Schotanus MGM. Effect of low-load blood flow restriction training after anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review. *Int J Sports Phys Ther*. 2022;17(3).
22. Loyd B.J., Stackhouse S., Dayton M., Hogan C., Bade M., Stevens-Lapsley J. The Relationship between Lower Extremity Swelling, Quadriceps Strength, and Functional Performance Following Total Knee Arthroplasty. *The Knee*. 2019;26:382–391.
23. Spada JM, Paul RW, Tucker BS. Blood Flow Restriction Training preserves knee flexion and extension torque following anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review. *J Orthop*. 2022;34:233–9.
24. Arumugam A, Björklund M, Mikko S, Häger CK. Effects of neuromuscular training on knee proprioception in individuals with anterior cruciate ligament injury: a systematic review and GRADE evidence synthesis. *BMJ Open*. 2021;11(5):e049226.

25. Carter HM, Littlewood C, Webster KE, Smith BE. The effectiveness of preoperative rehabilitation programmes on postoperative outcomes following anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction: a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord.* 2020;21(1).
26. Seixas A, Sañudo B, Sá-Caputo D, Taiar R, Bernardo-Filho M. Whole-body vibration for individuals with reconstructed anterior cruciate ligament: A systematic review. *Biomed Res Int.* 2020;2020:1–14.
27. Moore JM, Cessford K, Willmott AP, Raj D, Exell TA, Burbage J, et al. Lower limb biomechanics before and after anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review. *J Biomech.* 2020;106(109828):109828.
28. Birchmeier T, Lisee C, Kane K, Brazier B, Triplett A, Kuenze C. Quadriceps muscle size following ACL injury and reconstruction: A systematic review. *J Orthop Res.* 2020;38(3):598–608.
29. Kochman M, Kasprzak M, Kielar A. ACL reconstruction: Which additional physiotherapy interventions improve early-stage rehabilitation? A systematic review. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(23):15893.
30. Jack RA II, Lambert BS, Hedt CA, Delgado D, Goble H, McCulloch PC. Blood flow restriction therapy preserves lower extremity bone and muscle mass after ACL reconstruction. *Sports Health.* 2023;15(3):361–71.
31. 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):825–37.
32. Hughes L, Rosenblatt B, Haddad F, Gissane C, McCarthy D, Clarke T, 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):1787–805.
33. Li X, Li J, Qing L, Wang H, Ma H, Huang P. Effect of quadriceps training at different levels of blood flow restriction on quadriceps strength and thickness in the mid-term postoperative period after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled external pilot study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2023;24(1).
34. 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):626–36.
35. Song Y, Che X, Wang Z, Li M, Zhang R, Wang D, et al. A randomized trial of treatment for anterior cruciate ligament reconstruction by radial extracorporeal shock wave therapy. *BMC Musculoskelet Disord.* 2024;25(1).

36. Forogh B, Aslanpour H, Fallah E, Babaei-Ghazani A, Ebadi S. Adding high-frequency transcutaneous electrical nerve stimulation to the first phase of post anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation does not improve pain and function in young male athletes more than exercise alone: a randomized single-blind clinical trial. *Disabil Rehabil.* 2019;41(5):514–22.
37. Minshull C, Gallacher P, Roberts S, Barnett A, Kuiper JH, Bailey A. Contralateral strength training attenuates muscle performance loss following anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction: a randomised-controlled trial. *Eur J Appl Physiol.* 2021;121(12):3551–9.
38. Wang K, Cheng L, Wang B, He B. Effect of isokinetic muscle strength training on knee muscle strength, proprioception, and balance ability in athletes with anterior cruciate ligament reconstruction: a randomised control trial. *Front Physiol.* 2023;14.
39. Li D, Zhang Q, Liu X, Chen C, Lu J, Ye D, et al. Effect of water-based walking exercise on rehabilitation of patients following ACL reconstruction: a prospective, randomised, single-blind clinical trial. *Physiotherapy.* 2022; 115:18–26.
40. Shen M, Che S, Ye D, Li Y, Lin F, Zhang Y. Effects of backward walking on knee proprioception after ACL reconstruction. *Physiother Theory Pract.* 2021;37(10):1109–16.
41. Kaya D, Guney-Deniz H, Sayaca C, Calik M, Doral MN. Effects on lower extremity neuromuscular control exercises on knee proprioception, muscle strength, and functional level in patients with ACL reconstruction. *Biomed Res Int.* 2019; 2019:1–7.
42. Moran U, Gottlieb U, Gam A, Springer S. Functional electrical stimulation following anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled pilot study. *J Neuroeng Rehabil.* 2019;16(1).
43. Palmieri-Smith RM, Brown SR, Wojtys EM, Krishnan C. Functional resistance training improves thigh muscle strength after ACL reconstruction: A randomized clinical trial. *Med Sci Sports Exerc.* 2022;54(10):1729–37.
44. Forelli F, Mazeas J, Zeghoudi Y, Vandebrouck A, Duffiet P, Ratte L, et al. Intrinsic graft laxity variation with open kinetic chain exercise after anterior cruciate ligament reconstruction: A non-randomized controlled study. *Phys Ther Sport.* 2024; 66:61–6.
45. Vidmar MF, Baroni BM, Michelin AF, Mezzomo M, Lugokenski R, Pimentel GL, 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):424–32.
46. Coulondre C, Souron R, Rambaud A, Dalmais É, Espeit L, Neri T, et al. Local vibration training improves the recovery of quadriceps strength in early rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: A feasibility randomised controlled trial. *Ann Phys Rehabil Med.* 2022;65(4):101441.

47. Khalid K, Anwar N, Saqulain G, Afzal MF. Neuromuscular training following Anterior Cruciate Ligament reconstruction – pain, function, strength, power & quality of Life Perspective: A Randomized Control Trial. *Pak J Med Sci Q.* 2022;38(8).
48. Ogrodzka-Ciechanowicz K, Gła̧b G, Ślusarski J, Gądek A. Quadriceps muscle strength recovery with the use of high tone power therapy after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord.* 2021;22(1).
49. Labianca L, Andreozzi V, Princi G, Princi AA, Calderaro C, Guzzini M, et al. The effectiveness of Kinesio Taping in improving pain and edema during early rehabilitation after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Prospective, Randomized, Control Study. *Acta Biomed.* 2022;92(6): e2021336.
50. Oliveira M, Júnior PL, Imoto AM, Santos T, Borges JHS, Nunes P, et al. Unilateral versus bilateral resistance exercise in postoperative rehabilitation after ACL reconstruction with bone–patellar tendon–bone graft: A randomized controlled trial. *Orthop J Sports Med.* 2022;10(4):232596712210888.
51. Toth MJ, Tourville TW, Voigt TB, Choquette RH, Anair BM, Falcone MJ, 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):2429–37.
52. Irrgang JJ, Anderson AF, Boland AL, et al. Development and validation of the international knee documentation committee subjective knee form. *Am J Sports Med.* 2001; 29:600–613.
53. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Rev Esp Cardiol.* 2021;74(9):790-799.
54. Sterne JAC, Savović J, Page MJ, Elbers RG, Blencowe NS, Boutron I, et al. RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ.* 2019;366.
55. Manterola C, Asenjo-Lobos C, Otzen T. Jerarquización de la evidencia: Niveles de evidencia y grados de recomendación de uso actual. *Rev Chilena Infectol.* 2014;31(6):705–18.
56. Schaun GZ, Bamman MM, Alberton CL. High-velocity resistance training as a tool to improve functional performance and muscle power in older adults. *Exp Gerontol.* 2021;156:111593.
57. Jørgensen SL, Kierkegaard-Brøchner S, Bohn MB, Høgsholt M, Aagaard P, Mechlenburg I. Effects of blood-flow restricted exercise versus conventional resistance training in musculoskeletal disorders—a systematic review and meta-analysis. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 2023;15(1).

58. Canet-Vintró M, Rodríguez-Sanz J, López-de-Celis C, Campañá-Arnal E, Hidalgo-Garcia C, Pérez-Bellmunt A. Effects of focal vibration on changes in sports performance in amateur athletes: A randomized clinical trial. *J Orthop Res*. 2024.
59. Kennouche D, Varesco G, Espeit L, Féasson L, Souron R, Rozand V, et al. Acute effects of quadriceps muscle versus tendon prolonged local vibration on force production capacities and central nervous system excitability. *Eur J Appl Physiol*. 2022;122(11):2451–61.
60. Colombo V, Valenčič T, Steiner K, Škarabot J, Folland J, O’Sullivan O, et al. Comparison of blood flow restriction interventions to standard rehabilitation after an anterior cruciate ligament injury: A systematic review. *Am J Sports Med*. 2024.
61. Chang H, Yan J, Lu G, Chen B, Zhang J. Muscle strength adaptation between high-load resistance training versus low-load blood flow restriction training with different cuff pressure characteristics: a systematic review and meta-analysis. *Front Physiol*. 2023;14.
62. Kay AD, Baxter BA, Hill MW, Blazevich AJ. Effects of eccentric resistance training on lower-limb passive joint range of motion: A systematic review and meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*. 2023;55(4):710–21.
63. Wu Y, Zhu F, Chen W, Zhang M. Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in people with knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil*. 2022;36(4):472–85.
64. Ramírez C. Una visión desde la biología molecular a una deficiencia comúnmente encontrada en la práctica del fisioterapeuta: la atrofia muscular. *Rev Univ Ind Santander*. 2012;44(3).
65. Wengle L, Migliorini F, Leroux T, Chahal J, Theodoropoulos J, Betsch M. The effects of blood flow restriction in patients undergoing knee surgery: A systematic review and meta-analysis. *Am J Sports Med*. 2022;50(10):2824–33.
66. Cerqueira MS, Do Nascimento JDS, Maciel DG, Barboza JAM, De Brito Vieira WH. Effects of blood flow restriction without additional exercise on strength reductions and muscular atrophy following immobilization: A systematic review. *J Sport Health Sci*. 2020;9(2):152–9.

## 8. ABREVIATURAS

6MWT: 6 Minute Walk Test.

10MWT: 10 Minute Walk Test.

AOP: arterial occlusion pressure, presión de oclusión arterial.

AAR: active angle reproduction, reproducción activa del ángulo.

ART: Angle Reproduction Test, test de reproducción del ángulo.

BFR: Blood Flow Restriction, restricción del flujo sanguíneo.

CON: grupo concéntrico.

CE: Cross Education, educación cruzada.

CKC: closed kinetic chain, cadena cinética cerrada.

CT: computed tomography, tomografía computarizada.

DMO: densidad masa ósea.

ECA: ensayos controlados aleatorizados.

ECC: grupo excéntrico.

EEI: extremidades inferiores.

EVA: Escala Visual Analógica.

FES: functional electrical stimulation, estimulación eléctrica funcional.

FRT: functional resistance training, entrenamiento funcional de resistencia.

HL-RT: traditional heavy load resistance, resistencia con cargas pesadas tradicional.

HiTop: High Tone Power Therapy.

HPF: fuerza máxima isquiotibiales.

HOP: human and organizational performance, rendimiento humano y organizacional.

IKDC: International Knee Documentation Criteria, Criterios internacionales de documentación de rodilla.

JPS: Joint Position Sense

KT: Kinesio Taping.

KOOS: Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score, Puntuación de resultados de lesiones de rodilla y osteoartritis.

LCA: Ligamento Cruzado Anterior.

LVT: Vibración local.

MHC: Myosin heavy chain, Cadena pesada de miosina.

NMES: Neuromuscular electrical stimulation, estimulación eléctrica neuromuscular.

NPRS: Numeric Pain Rating Scale, Escala numérica de calificación del dolor.

OKC: Open kinetic chain, Cadena cinètica abierta.

PRISMA: Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses, Elementos de informes preferidos para revisiones sistemáticas y metanálisis.

PAPS: Passive Position Sense, Sentido de posición pasiva.

PMPT: Passive Motion Perception Test, Prueba de percepción pasiva del movimiento.

QPF: fuerza máxima cuádriceps.

ROM: rango de movimiento.

rESWT: Extracorporeal radial shock wave therapy, Terapia extracorpórea con ondas de choque radiales.

RLCA: Reconstrucción de ligamento cruzado anterior.

RoB2: Risk of bias.

RFD: Force development rate, Tasa de desarrollo de fuerza.

SEBT: modified star excursion balance test, prueba de equilibrio de excursión en estrella modificada.

TENS: Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation, Estimulación nerviosa eléctrica transcutánea.

TUG: Timed Up and Go Test.

YBT: Y Balance Test.

## 9. ANEXOS

Anexo 1. Tabla 6: Niveles de evidencia y Grado de Recomendación SIGN.

NE	Interpretación
1 ++	Metaanálisis de alta calidad, RS de EC o EC de alta calidad con muy poco riesgo de sesgo.
1 +	Metaanálisis bien realizados, RS de EC o EC bien realizados con poco riesgo de sesgos.
1 -	Metaanálisis, RS de EC o EC con alto riesgo de sesgos.
2 ++	RS de alta calidad de estudios de cohortes o de casos y controles. Estudios de cohortes o de casos y controles con bajo riesgo de sesgo y con alta probabilidad de establecer una relación causal.
2 +	Estudios de cohortes o de casos y controles bien realizados con bajo riesgo de sesgo y con una moderada probabilidad de establecer una relación causal.
2 -	Estudios de cohortes o de casos y controles con alto riesgo de sesgo y riesgo significativo de que la relación no sea causal.
3	Estudios no analíticos, como informes de casos y series de casos.
4	Opinión de expertos.
Grado de recomendación	Interpretación
A	Al menos 1 metaanálisis, RS o EC clasificado como 1 ++ y directamente aplicable a la población diana de la guía; o un volumen de evidencia científica compuesto por estudios clasificados como 1 + Y con gran consistencia entre ellos.
B	Volumen de evidencia científica compuesta por estudios clasificados como 2 ++, directamente aplicable a la población blanco de la guía y que demuestran gran consistencia entre ellos; o evidencia científica extrapolada desde estudios clasificados como 1 ++ o 1 +.
C	Volumen de evidencia científica compuesta por estudios clasificados como 2 + directamente aplicables a la población blanco de la guía y que demuestran gran consistencia entre ellos; o evidencia científica extrapolada desde estudios clasificados como 2 ++.
D	Evidencia científica de nivel 3 o 4; O evidencia científica extrapolada desde estudios clasificados como 2 +.

Abreviaturas. NE: Niveles de Evidencia.