

Rubén Beltran Fabregat

**EFICÀCIA DE LA RESTRICCIÓ DE FLUX SANGUINI EN PACIENTS INTERVINGUTS DE
LLIGAMENT CREUAT ANTERIOR. REVISIÓ SISTEMÀTICA**

TREBALL DE FI DE GRAU

dirigit per la Sra. Ester Bermúdez Gómez

Grau de Fisioteràpia



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Reus

2024-2025

ÍNDEX

ABREVIATURES.....	3
VISTIPLAU PEL LLIURAMENT I DEFENSA	5
RESUM.	6
1. INTRODUCCIÓ.	8
2. OBJETIU	8
3. MATERIAL I MÈTODES	9
3.1. Criteris d' elegibilitat	9
3.2. Fonts d' informació	10
3.3. Estratègia de recerca	10
3.4. Procés de selecció dels estudis.....	10
3.5. Procés d' extracció i llista de dades.....	11
3.6. Avaluació del risc de biaix dels estudis individuals	11
3.7. Avaluació dels nivells d' evidència i graus de recomanació	11
4. RESULTATS	11
4.1. Selecció dels estudis.....	11
4.2. Característiques dels estudis.....	13
4.3. Risc de biaix dels estudis individuals.....	25
4.4. Nivells d' evidència i graus de recomanació	27
4.5. Resultats dels estudis individuals	28
4.6. Resultats de la síntesi	31
Atròfia muscular	31
Millora en la mobilitat articular	31
Disminució del dolor	32
Augment de la força muscular	32
Propiocepció i control neuromuscular	32
Altres resultats	33

5.	DISCUSSIÓ	34
6.	CONCLUSIÓ	36
7.	REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES.....	37
8.	ANNEXOS.....	42
	Annex 1. Taula 6: Nivells d' evidència i Grau de Recomanació SIGN.....	42

ABREVIATURES

LCA: Lligament encreuat anterior

BFR: Restricció de flux sanguini

AOP: Pressió d'oclusió arterial

DEXA: Absorciometria dual d'energia de raigs X

EVA: Escala visual analògica

IKDC: Criteris internacionals de documentació del genoll

KOOS: Puntuació de lesions de genoll i artrosi

LOP: Pressió d'oclusió de l'extremitat

MVIC: Contracció isomètrica voluntària màxima

PROMIS-PF: Sistema de mesura d'informació de resultats informats pels pacients - Funció física

RFS: Restricció de flux sanguini

RMN: Ressonància magnètica nuclear

ROM: Rang de moviment

RTS: Retorn a l'esport

SHAM-BFR: Simulació de restricció de flux sanguini

LL-BFR: Restricció de flux sanguini amb baixa càrrega

RM: Repetició màxima

CSA: Àrea de secció transversal

RMI: Ressonància magnètica per imatges

MuRF1: Proteïna del múscul involucrada en la degradació muscular

Atrogin-1: Factor de transcripció implicat en l'atròfia muscular

MeSH: Medical Subject Headings (Descriptors mèdics estandarditzats)

PRISMA: Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (Directrius per a la realització de revisions sistemàtiques)

RoB 2: Risk of Bias Tool de Cochrane per avaluar el risc de biaix en assajos clínics

SIGN: Scottish Intercollegiate Guidelines Network (Sistema de classificació d'evidència clínica)

BMD: Densitat mineral òssia

GRE: Exercici de Rehabilitació General

IMC: Índex de Massa Corporal

EMG: Electromiografia

NIRS: Espectroscòpia d'infraroig proper

HL-RT: Teràpia de radiació d'alta càrrega

BFR-RT: Restricció de flux sanguini amb alta càrrega

BFRT: Restricció de flux sanguini amb alta càrrega

ACSA: Àrea de secció transversal anatòmica

NI-BFR: Restricció de flux sanguini no invasiva

ACLR-HL: Reconstrucció del lligament encreuat anterior amb alta càrrega

RPE: Percepció de l'esforç

rESWT: Teràpia d'ones de xoc radials

TIBANT: Tibial anterior

FES: Estimulació elèctrica funcional

NMES: Estimulació elèctrica neuromuscular

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... Ester Bermúdez Gómezen la
seva tasca com a tutor, considera que

EL TREBALL PRÀCTIC ANOMENAT:

EFICÀCIA DE LA RESTRICCIÓ DE FLUX SANGUINI EN
PACIENTS INTERVINGUTS DE L·LIGAMENT CREUAT
ANTERIOR. REVISIÓ SISTEMÀTICA

REALITZAT PER:

Rubén Beltran Fabregat



ÉS ADEQUAT I, EN CONSEQÜÈNCIA, EN RECOMANA LA DEFENSA

Signatura tutor/ data

**BERMUDEZ
GOMEZ, ESTER
(AUTENTICACI
ÓN)**

Firmado digitalmente
por BERMUDEZ
GOMEZ, ESTER
(AUTENTICACIÓN)
Fecha: 2025.05.08
22:47:00 +02'00'

RESUM

Antecedents i objectiu

La lesió del lligament creuat anterior és una patologia comuna que sovint requereix cirurgia. Aquesta revisió sistemàtica té com a objectiu analitzar l'efectivitat de la teràpia de restricció del flux sanguini en pacients operats, en aspectes com atròfia muscular, dolor, força, mobilitat i control neuromuscular.

Mètodes

Es van incloure assaigs clínics aleatoritzats publicats entre els anys 2020 i 2024. La cerca es va dur a terme a les bases de dades PubMed, PEDro, Google Scholar, Cochrane Library, Scielo i Biomed Central (última actualització: 15 de novembre de 2024). Es van aplicar els criteris PICOS, s'avaluà el risc de biaix amb l'eina de Cochrane (RoB 2) i el nivell d'evidència amb el sistema SIGN.

Resultats

Es van analitzar 25 estudis amb un total de 998 participants. La teràpia de restricció del flux sanguini va mostrar millores clares en la preservació de la massa muscular i en l'increment de la força, especialment quan s'aplicava amb una oclusió arterial propera al 80%. També es van observar beneficis en la propiocepció i la mobilitat articular, mentre que l'efecte sobre el dolor va resultar ser variable.

Discussió

Malgrat l'elevada qualitat dels estudis, la manca d'un protocol unificat limita la comparabilitat. Aquesta tècnica és segura i especialment útil en fases inicials de la rehabilitació postoperatòria.

Conclusió

La teràpia de restricció del flux sanguini és efectiva en la recuperació funcional després d'una reconstrucció del lligament creuat anterior. Es recomana combinar-la amb altres estratègies i aprofundir en recerca futura.

Paraules clau

Lligament creuat anterior; Rehabilitació; Modalitats de fisioteràpia; Força muscular; Teràpia d'exercici; Entrenament amb oclusió.

ABSTRACT

Background and objective

The anterior cruciate ligament injury is a common pathology that often requires surgery. This systematic review aims to analyze the effectiveness of blood flow restriction therapy in operated patients, focusing on aspects such as muscle atrophy, pain, strength, mobility, and neuromuscular control.

Methods

Randomized clinical trials published between 2020 and 2024 were included. The search was conducted in the databases PubMed, PEDro, Google Scholar, Cochrane Library, Scielo, and Biomed Central (last updated: November 15, 2024). PICOS criteria were applied, the risk of bias was assessed using the Cochrane tool (RoB 2), and the level of evidence was evaluated using the SIGN system.

Results

25 studies were analyzed with a total of 998 participants. Blood flow restriction therapy showed clear improvements in preserving muscle mass and increasing strength, especially when applied with an arterial occlusion close to 80%. Benefits were also observed in proprioception and joint mobility, while the effect on pain was found to be variable.

Discussion

Despite the high quality of the studies, the lack of a unified protocol limits comparability. This technique is safe and particularly useful in the early stages of postoperative rehabilitation.

Conclusion

Blood flow restriction therapy is effective in functional recovery after anterior cruciate ligament reconstruction. It is recommended to combine it with other strategies and to deepen future research.

Keywords

Anterior cruciate ligament; Rehabilitation; Physical Therapy modalities; Muscle strength; Exercise therapy; Therapeutic occlusion.

1. INTRODUCCIÓ

La lesió del lligament creuat anterior (LCA) és una de les més freqüents en el genoll, especialment en atletes que practiquen esports de contacte o moviments explosius. S'estima que entre 80.000 i 250.000 lesions de LCA ocorren anualment, i aproximadament 100.000 pacients requereixen cirurgia reconstructiva per a restaurar l'estabilitat de l'articulació (1). Factors de risc com una biomecànica deficient, la pèrdua de control neuromuscular, i unes certes característiques anatòmiques han estat identificats com a elements clau en la predisposició a aquesta lesió (2-4).

Després de la cirurgia de reconstrucció de LCA, la intervenció fisioterapèutica és fonamental per a restaurar la funcionalitat del genoll i prevenir complicacions com l'atròfia muscular, el dèficit de força i el dolor crònic. Les tècniques de fisioteràpia més emprades inclouen exercicis d'enfortiment muscular, per a millorar el rang articular i el control neuromuscular i estratègies per a reduir el dolor. No obstant això, en els últims anys, el Blood Flow Restriction (BFR) ha sorgit com una tècnica innovadora que podria optimitzar la recuperació i millorar els resultats funcionals.

El BFR consisteix en l'oclusió parcial del flux sanguini mitjançant maniguets pneumàtics ajustats a una pressió específica, permetent que el pacient realitzi exercici de baixa intensitat mentre obté beneficis comparables als entrenaments d'alta càrrega. Estudis recents han demostrat que el BFR pot augmentar la força muscular, reduir l'atròfia, i millorar la funcionalitat del genoll en comparació amb tractaments convencionals (5-7).

Diversos estudis han abordat l'efectivitat del BFR en la rehabilitació del LCA, encara que amb resultats mixtos. Alguns, com Jack et al. (2023) i Li et al. (2023), han reportat millores significatives en la preservació de la massa muscular i el desenvolupament de força (1-2), mentre que uns altres, com Curran et al. (2020), han trobat resultats similars als de l'entrenament tradicional d'alta càrrega, qüestionant la seva superioritat en termes absoluts (3). A més, l'impacte del BFR en el control del dolor i la recuperació funcional continua sent un tema de debat.

Actualment no hi ha un protocol estàndard que defineixi els nivells òptims d'oclusió, la freqüència d'aplicació, i les combinacions eficients amb altres tractaments fisioterapèutics.

El propòsit d'aquest treball és aportar una visió crítica sobre l'aplicació del BFR en el tractament del LCA, identificant els seus avantatges, limitacions i futures línies de recerca, amb la finalitat d'optimitzar la seva implementació en la pràctica clínica i millorar els protocols de recuperació dels pacients.

2. OBJECTIU

L'objectiu general és analitzar l'efectivitat del tractament de restricció de flux sanguini (BFR) en pacients que han estat intervinguts de lesió de lligament encreuat anterior (LCA).

L'objectiu específic és determinar si l'aplicació de la BFR en pacients intervinguts de LCA mostra una millora significativa en aspectes clau de la recuperació, incloent:

- a. Atròfia muscular.
- b. Millora en la mobilitat articular.
- c. Disminució del dolor.
- d. Augment de la força.
- e. Propiocepció i control neuromuscular.

3. MATERIAL I MÈTODES

Per realitzar aquesta revisió sistemàtica s'ha seguit les indicacions de la declaració PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*)(8).

S'ha comprovat que no existeixi una altra revisió igual a la que es vol realitzar en aquest treball a la base de dades de *PubMed* i PROSPERO (*International Prospective Register of Systematic Reviews*).

3.1. Criteris d'elegibilitat

Fent referència als criteris d'elegibilitat i els objectius establerts anteriorment, es va seguir la pauta PICOS (Pacients, Intervenció, Comparació, Resultats i Estudi):

- **P** (població): pacients que hagin estat intervinguts de reconstrucció de LCA.
- **I** (intervenció): intervencions de fisioteràpia dirigides a la millora de l'atròfia muscular, la mobilitat articular, la força i el dolor.
- **C** (comparació): grup que se li aplica el tractament BFR versus grup on no s'aplica tractament BFR
- **O** (resultats): valorar la millora d'almenys un dels següents aspectes: l'atròfia muscular, la mobilitat articular, la força i el dolor.
- **S** (estudi): assajos clínics aleatoritzats (ECA) realitzats entre els anys 2020 i 2024.

Per tant, la pregunta inicial d'investigació és: és eficaç la teràpia BFR en fisioteràpia per a la millora de l'atròfia muscular, la mobilitat articular, la força i el dolor en els pacients que han estat intervinguts de reconstrucció de lligament encreuat anterior?

Criteris d' inclusió

Els criteris d'inclusió del present estudi van incloure els estudis publicats en les bases de dades *PubMed (MEDLINE)*, *Google Scholar*, *PEDro*, *Cochrane Library*, *Scielo* i *Biomed Central*, que els pacients hagin estat intervinguts de reconstrucció de Lligament Creuat Anterior i que s'hagin realitzat assajos clínics aleatoritzats en humans.

Criteris d' exclusió

Els criteris d' exclusió de l' estudi van incloure assaigs no realitzats en éssers humans, articles no escrits en llengua castellana, catalana i anglès.

3.2. Fonts d'informació

Per a realitzar aquesta revisió bibliogràfica es va realitzar una recerca exhaustiva, seleccionant els articles que complien els criteris d'elegibilitat i que finalment van ser inclosos des de les bases de dades descrites anteriorment. La cerca es va dur a terme des del dia 15 de setembre del 2024 al dia 15 de novembre del 2024.

3.3. Estratègia de cerca

Per realitzar l'estratègia de cerca de la revisió, es va consultar a les bases de dades de *PubMed (MEDLINE)*, *Google Scholar*, *PEDro*, *Cochrane Library*, *Scielo* i *Biomed Central* utilitzant les paraules clau *Anterior Cruciate Ligament*; *Blood Flow Restriction*. A la base de dades de *PubMed* es va realitzar una cerca de paraules clau a MeSH unides als termes *injuries* i *therapy*. A la Taula 1 es pot observar l'estratègia de cerca. Per acotar la cerca i adaptar-la als meus interessos es van utilitzar els següents filtres: assaig clínic, assaig clínic aleatoritzat (ECA) i humans.

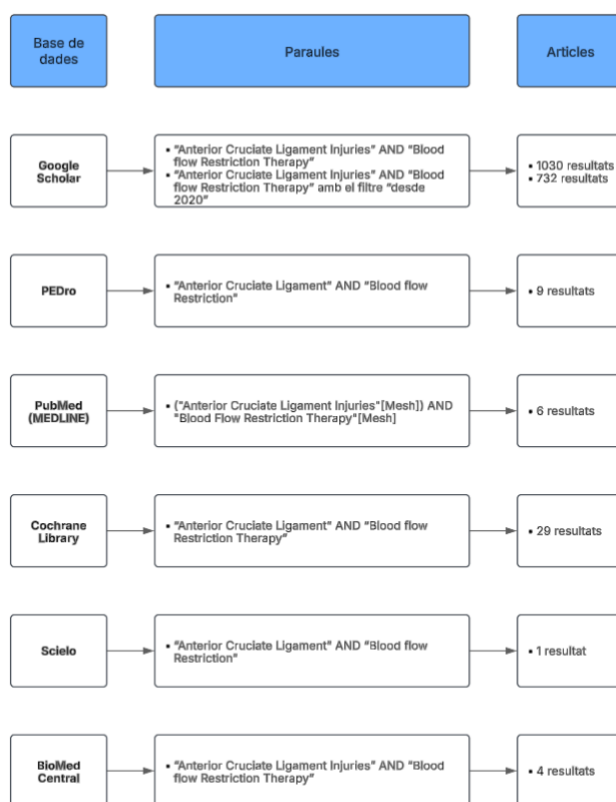


Tabla 1: Estratègia de cerca.

3.4. Procés de selecció dels estudis

La selecció dels estudis utilitzats en la revisió bibliogràfica s'ha realitzat seguint la Guia PRISMA: identificació, cribratge, elegibilitat i inclusió dels estudis en la revisió sistemàtica(8). En primer lloc, es va realitzar una cerca en les bases de dada *PubMed (Medline)*, *Google Scholar*, *PEDro*, *Cochrane Library*, *Scielo* i *Biomed Central* afegint els filtres "Clinical Trials", "Randomized Controlled Trial" i "Humans". En segon lloc, es va dur a terme una primera tria

eliminant els duplicats i en funció del títol i resum d'acord amb el criteri PICOS. En tercer lloc, es va procedir a realitzar una lectura del resum i, finalment, es va realitzar una lectura exhaustiva dels articles, descartant els que no complissin els criteris d' inclusió.

D'aquesta manera, es van eliminar aquells estudis que no complien els criteris d'inclusió per a l'elaboració de la revisió bibliogràfica, aconseguint un total de 31 assajos.

3.5. Procés d'extracció i llista de dades

Un cop s'han seleccionat els assaigs per a formar part de la revisió bibliogràfica, es va procedir a l'anàlisi dels estudis, seguint uns paràmetres: Autor, any, participants, intervencions, mesures realitzades i resultats i conclusions.

Les mesures realitzades en els assaigs analitzats han d'haver valorat si hi ha hagut una millora en almenys un dels aspectes següents: atròfia muscular, mobilitat articular, força o dolor.

3.6. Avaluació del risc de biaix dels estudis individuals

Per analitzar el risc de biaix dels 31 articles seleccionats per realitzar aquesta revisió s'ha seguit l'eina RoB 2 de Cochrane per a assajos clínics (9). Aquesta eina consta de 6 ítems. Domini 1 (D1) biaixos pel procés d'aleatorització, Domini 2 (D2) biaixos derivats de la desviació de les intervencions previstes, Domini 3 (D3) biaixos derivats de la pèrdua de dades de resultats, Domini 4 (D4) biaixos en el mesurament dels resultats, Domini 5 (D5) biaixos en la selecció dels resultats reportats i risc de biaix global. Aquesta escala determina el baix risc de biaix, l'alt risc de biaix i algunes preocupacions sobre els biaixos, d'aquesta manera ens permet avaluar la validesa dels estudis i determinar també la qualitat.

3.7. Avaluació dels nivells d'evidència i graus de recomanació

Per realitzar una avaluació dels nivells d'evidència i el grau de recomanació dels 25 estudis seleccionats s'ha decidit seleccionar el sistema *Scottish Intercollegiate Guidelines Network* (SIGN) (10). El sistema SIGN és un mètode que classifica l'evidència en diferents nivells, des d'1++ (evidència forta) fins a 4 (evidència poc fiable). També avalua el grau de recomanació, classificant-los en A, B, C, D i V.

4. RESULTATS

4.1. Selecció dels estudis

En la Figura 1 es mostra el procés de selecció dels estudis. La cerca es va realitzar en bases de dades com PubMed (MEDLINE), Google Scholar, PEDro, Cochrane Library, Scielo i Biomed Central, utilitzant les paraules clau *Anterior Cruciate Ligament*, *Blood Flow Restriction*, *injuries* i *Therapy*. En total es van obtenir 1.079 articles, dels quals es van excloure 346 per ser duplicats. Es van eliminar aquells estudis que no es van realitzar en humans, que no eren assaigs clínics o que es van publicar abans de 2020. Es van obtenir 733 articles, dels quals es van descartar 701 per no estar relacionats amb la temàtica (segons títol i resum). Dels 32 articles complets revisats, 6 es van excloure per no ser rellevants i 1 per absència de resultats.

A més, es van revisar revisions sistemàtiques rellevants, de les quals es van extreure 15 estudis primaris. Finalment, es van incloure 10 assaigs clínics independents i 15 estudis procedents de revisions sistemàtiques, sumant un total de 25 estudis en l'anàlisi final.

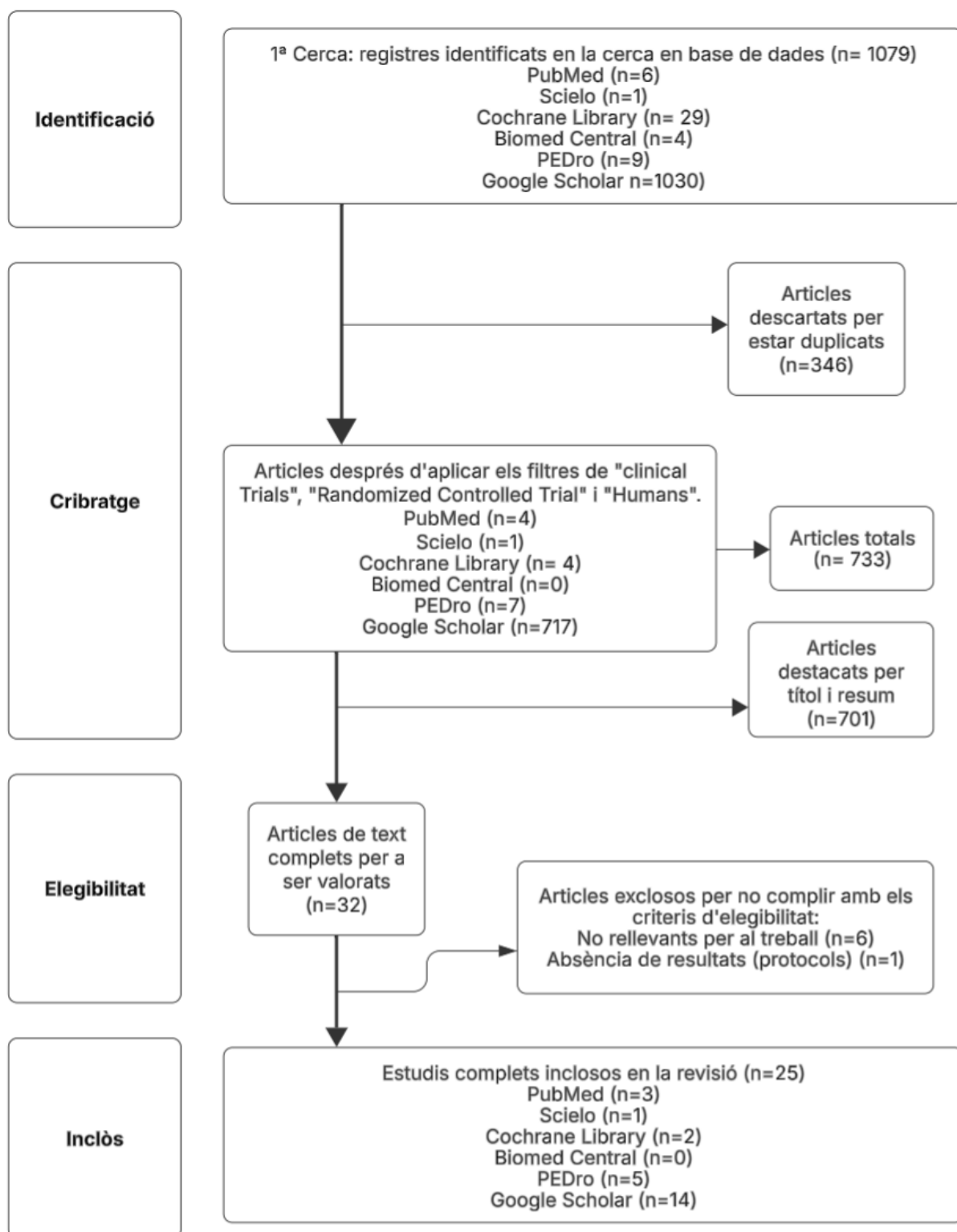


Figura 1: Diagrama de flux

4.2. Característiques del estudis

En total, es van analitzar 25 estudis que investiguen la rehabilitació del lligament creuat anterior (LCA) mitjançant la tècnica de restricció del flux sanguini (BFR). Aquests estudis inclouen un total de 998 pacients, amb una mitjana de 32 pacients per estudi. La Taula 2 recull les característiques principals dels estudis analitzats, incloent l'autor, any, nombre de participants, intervencions aplicades, mesures realitzades i conclusions.

D'aquests estudis:

- 15 estudis (11-22) han analitzat l'eficàcia del BFR en la rehabilitació postoperatòria del LCA, comparant-lo amb altres estratègies com la fisioteràpia convencional i l'entrenament de resistència sense restricció del flux sanguini.
- 10 estudis (19)(23-31) han investigat l'impacte del BFR en la força del quàdriceps i dels isquiotibials, observant millores significatives en la recuperació de la massa muscular i el rendiment funcional.
- 7 estudis (21)(32-35) han analitzat el rang de moviment (ROM) en pacients que han seguit programes de rehabilitació amb BFR, identificant una millora progressiva sense comprometre la seguretat articular.
- 12 estudis (3)(11)(14-18)(20-22)(25) han avaluat la reducció de l'atròfia muscular, demostrant que l'addició del BFR als programes de recuperació pot reduir pèrdues de massa muscular postoperatòria.
- 9 estudis (1)(2)(17)(19)(21-22)(30-31)(34) han examinat la influència del BFR en la disminució del dolor, indicant que pot ajudar a reduir la percepció del dolor i afavorir una recuperació més ràpida.
- 7 estudis (3)(15-18)(20)(34) han estudiat la millora de la capacitat funcional del genoll, utilitzant escales com l'IKDC, demostrant que el BFR pot accelerar la tornada a l'activitat esportiva.
- 4 estudis (2)(19)(22)(31) han explorat l'efecte del BFR en la propiocepció, suggerint que pot millorar el control neuromuscular i reduir el risc de re-lesió.

Autor, Any	Participants	Intervencions	Eines de valoració	Conclusió
Lambert et al., 2019 (11)	14 adults joves actius sotmesos a reconstrucció del LCA amb empelt del tendó rotulià (7 al grup BFR i 7 al grup control)	Rehabilitació estàndard durant 12 setmanes amb l'afegit de teràpia amb restricció del flux sanguini (BFR) al 80% d'oclusió arterial en exercicis seleccionats (grup BFR)	Massa muscular magra (LM), densitat mineral òssia (BMD), massa òssia total (mesurades amb DEXA) i avaluacions funcionals realitzades a les setmanes 8 i 12	El grup BFR va mostrar millors resultats en la preservació muscular i òssia en comparació amb el grup control, i un efecte protector en l'os no limitat al lloc de compressió
Jack et al., 2022 (1)	32 pacients sotmesos a reconstrucció del LCA amb empelt de tendó rotulià (17 al grup BFR i 15 al grup control)	Rehabilitació estàndard combinada amb teràpia de restricció del flux sanguini (BFR) al 80% d'oclusió arterial durant exercicis seleccionats durant 12 setmanes (grup BFR)	Mesures amb DEXA per determinar la massa magra (LM), massa òssia i densitat mineral òssia (BMD) a les setmanes 6 i 12; proves funcionals a les setmanes 8 i 12; temps fins al retorn a l'esport (RTS)	El grup BFR va mostrar una reducció en la pèrdua de massa muscular i òssia en comparació amb el grup control. També es va reduir el temps fins al retorn a l'esport (6,4 mesos enfront de 8,3 mesos al grup control)
Li et al., 2023 (2)	23 participants postoperats de reconstrucció del LCA dividits en grups de control, 40% AOP i 80% AOP	Entrenament del quàdriceps amb restricció del flux sanguini (BFR) a diferents nivells d'oclusió arterial (40% AOP i 80% AOP), combinat amb rehabilitació convencional	Força màxima isocinètica de l'extensió del genoll a 60°/s i 180°/s, gruix del recte femoral i vast intermedi mesurats amb ecografia, prova de Y-balance i qüestionari IKDC	El grup amb BFR al 80% va mostrar millores significatives en força, gruix muscular i estabilitat del genoll en comparació als grups del 40% i de control. Aquest mètode accelera la recuperació postoperatòria

Kacin et al., 2021 (12)	18 pacients amb ruptura del LCA, dividits en grup BFR (6), grup SHAM-BFR (6) i un grup control de 6 pacients sense entrenament	Entrenament amb restricció de flux sanguini (LL-BFR) durant 3 setmanes, 9 sessions d'exercicis d'extensions i flexions del genoll a baixa càrrega (40 RM)	Força isocinètica de l'extensor i flexor de genoll (par màxim i treball total), àrea de secció transversal (CSA) dels músculs analitzada amb RMI	El grup BFR va mostrar millores en força i hipertrofia del quàdriceps en comparació al grup SHAM-BFR. El bíceps femoral va tenir menys resposta al BFR
Alavi et al., 2021 (35)	20 atletes d'elit masculins amb reconstrucció del LCA, dividits en grup BFR (10) i grup control (10)	Entrenament de resistència (2-4 sèries, intensitat del 30%-70% del 10RM) durant 12 setmanes. El grup BFR utilitzava un manegot de pressió (120-180 mm Hg) al fèmur	Nivells sèrics d'Atrogin-1 i MuRF1 analitzats abans i després de l'entrenament mitjançant kits ELISA específics	L'entrenament BFR va disminuir significativament els nivells sèrics d'Atrogin-1 i MuRF1 en comparació amb el grup control, indicant la seva eficàcia per reduir l'atròfia muscular postoperatòria
o et al., 2021 (21)	28 pacients sotmesos a reconstrucció del LCA, dividits en grup intervenció amb BFR (14) i grup control sense BFR (14)	Entrenament amb maneguets per a BFR aplicant el 80% de la pressió d'oclusió total durant 12 setmanes (2 sessions setmanals). Exercicis inclouen extensions i flexions de genoll a baix càrrega (30% RM)	Força isomètrica màxima dels extensors i flexors del genoll avaluada amb un dinamòmetre digital. Funció física del genoll avaluada amb els qüestionaris Lysholm, KOOS i IKDC.	L'entrenament amb BFR va resultar més eficaç per millorar la força dels quàdriceps, isquiotibials i la funció física del genoll en comparació amb la rehabilitació sense BFR. És una estratègia beneficiosa durant la fase inicial de rehabilitació postquirúrgica

<p>Jung et al., 2022 (13)</p>	<p>24 pacients amb reconstrucció del LCA, dividits en grup GRE (12) i grup BFR (12)</p>	<p>Programa de rehabilitació durant 12 setmanes, 60 minuts tres cops per setmana. El grup BFR combina exercicis generals amb exercicis amb restricció del flux sanguini (pressió al 40% del LOP)</p>	<p>Millores en activitat muscular (p. ex. vastus medialis oblique), funció muscular isocinètica (p. ex. par màxim i treball total) i test de balanç Y (anterior, posteriors)</p>	<p>El programa BFR es més efectiu que el programa general per a millorar l'activitat muscular, la funció i l'estabilitat del genoll després d'una reconstrucció del LCA</p>
<p>Chang et al., 2020 (14)</p>	<p>150 pacients sotmesos a reconstrucció del LCA, dividits en dos grups: 75 amb rehabilitació estàndard (control) i 75 amb rehabilitació + BFR (intervenció)</p>	<p>Entrenament BFR aplicat 2 setmanes després de la cirurgia, amb exercicis de rehabilitació estàndard i utilització d'un maniguet de pressió durant les sessions</p>	<p>KOOS, IKDC, Índex de Simetria de les Extremitats (LSI), circumferència de la cuixa, retorn a l'esport. Resultats mesurats abans de la cirurgia i fins a 2 anys postoperatòriament</p>	<p>La teràpia BFR va mostrar una millora significativa en els resultats funcionals (KOOS, IKDC, LSI) i una reducció de l'atròfia muscular en comparació amb el grup de control. No es van identificar efectes adversos significatius</p>
<p>Fernández García et al., 2023 (16)</p>	<p>32 futbolistes amateurs federats a la Federació Gallega de Futbol, d'entre 16 i 35 anys. Es divideixen en dos grups: un grup control i un grup d'intervenció</p>	<p>Dos protocols d'entrenament de força amb restricció de flux sanguini (RFS). El grup control segueix el mètode de Vieira de Melo, mentre que el grup d'intervenció segueix un nou protocol amb una</p>	<p>Força isocinètica i isomètrica Funcionalitat i qualitat de vida amb el KOOS Dolor (escala EVA de 10 cm) Hipertrofia mitjançant RMN Temps de recuperació i retorn al joc Recidiva als 2 anys</p>	<p>L'entrenament amb RFS es confirma com una alternativa innovadora i segura per a la rehabilitació després d'una reconstrucció del LCA. Es millora la força muscular i l'estat general del pacient. A més, es planteja com una alternativa per a</p>

		progressió d'exercicis individualitzada		futbolistes que han fracassat en rehabilitacions convencionals
Karampan et al., 2023 (17)	16 pacients operats de reconstrucció del LCA, d'edats entre 15 i 40 anys. Es van dividir aleatòriament en dos grups: un grup experimental amb RFS i un grup control amb fisioteràpia estàndard	Protocol de 6 setmanes (setmanes 12-18 postoperatòries). El grup experimental va realitzar entrenament amb restricció de flux sanguini (RFS) afegit a la fisioteràpia convencional, mentre que el grup control només va seguir la fisioteràpia estàndard	Morfologia muscular: perímetre del quàdriceps a 10 cm i 20 cm de la ròtula Força muscular: dèficit de força mesurat amb dinamòmetre isocinètic CYBEX a 60°/s Avaluació clínica: puntuacions IKDC, KOOS i EVA (VAS)	El grup amb RFS va mostrar una millora significativa en el perímetre de la regió femoral i en la força dels flexors del genoll. No es van trobar diferències significatives en la força dels extensors ni en les puntuacions clíniques entre els grups. Es suggereix que la RFS és una estratègia beneficiosa per a la rehabilitació del LCA, especialment per millorar la massa i força muscular
Roman et al., 2023 (15)	32 adolescents (12-18 anys) amb reconstrucció del LCA, dividits en dos grups: un grup d'intervenció amb RFS (n=16) i un grup control (n=16), aparellats per edat, sexe i IMC	El grup d'intervenció va realitzar entrenament amb restricció de flux sanguini (RFS) durant 12 setmanes, combinat amb rehabilitació convencional. Es van utilitzar 3 exercicis amb un maniguet de pressió ajustat al 80% de la pressió d'oclusió del	Força isomètrica i isocinètica del genoll (torque màxim en extensió i flexió) a 3 mesos i en el moment de tornar a l'esport. Índex de simetria entre extremitats (LSI). Escala Pedi-IKDC per avaluar la funció subjectiva del genoll	L'entrenament amb RFS va millorar significativament la força d'extensió del genoll i la funció percebuda en comparació amb el grup control. Aquest protocol podria ser una estratègia útil per a la recuperació postquirúrgica en adolescents

		membre, dues vegades per setmana		
Okoroha et al., 2023 (18)	46 pacients (14 anys o més) sotmesos a reconstrucció del LCA, dividits en dos grups: un grup amb entrenament amb restricció de flux sanguini (RFS) (n=22) i un grup control (n=24)	Els pacients del grup RFS van realitzar exercicis preoperatoris durant 2 setmanes i un protocol de rehabilitació postoperatori de 12 setmanes amb un maniguet pneumàtic ajustat al 80% de la pressió d'oclusió del membre. El grup control va seguir la mateixa rehabilitació sense RFS	Índex de força del quàdriceps (torque màxim i mitjà) en extensió de genoll. Mesura de circumferència del quàdriceps. Escales de valoració subjectiva: IKDC i PROMIS-PF. Avaluació del dolor amb escala EVA	L'entrenament amb RFS va millorar significativament la força del quàdriceps i els resultats percebuts pels pacients a les 6 setmanes postoperatòries, però no es van observar diferències significatives als 3 i 6 mesos entre els grups. El RFS pot ser beneficiós en la recuperació primerenca després d'una reconstrucció del LCA
Khalil et al., 2023 (29)	36 pacients operats de reconstrucció del LCA, dividits en dos grups: un grup amb entrenament amb restricció de flux sanguini (RFS) (n=18) i un grup control (n=18). Edats entre 18 i 35 anys, amb un IMC inferior a 30 kg/m ²	El grup experimental va realitzar entrenament amb RFS afegit a la rehabilitació convencional durant 3 mesos postoperatòriament. El grup control només va seguir el protocol convencional. La RFS es va aplicar a un 80% de la pressió d'oclusió del membre	Dolor al genoll avaluat amb escala visual analògica (EVA) abans de la cirurgia, 1.5 mesos i 3 mesos després. Comparació de la reducció del dolor entre grups	Es va observar una millora significativa del dolor al genoll en tots dos grups al llarg del temps. No obstant això, no es van trobar diferències significatives en la reducció del dolor entre el grup que va utilitzar RFS i el grup control. Per tant, afegir RFS a la rehabilitació convencional no va

				demostrar ser superior per a la reducció del dolor
Bemben et al., 2019 (33)	14 dones sanes, edats entre 18 i 25 anys, dividides en dos grups: entrenament de resistència tradicional (RT, n=8) i entrenament combinat amb restricció de flux sanguini (RT+BFR, n=6)	El grup RT va realitzar 3 sèries de 10 repeticions al 70% de 1RM. El grup RT+BFR va realitzar el mateix entrenament, però amb curls de femoral sota restricció de flux sanguini al 30% de 1RM i una pressió del 50% d'oclusió.	Mesura d'1RM en diversos exercicis. Tests isocinètics de força per quàdriceps i isquiotibials a diferents velocitats. Anàlisi de la relació H:Q.	Ambdós grups van mostrar millores en la força muscular. No es van observar diferències significatives en la relació H:Q entre grups. L'entrenament BFR pot ser beneficiós en rehabilitació per reduir l'estrès a l'articulació del genoll.
Hughes et al., 2018 (19)	30 participants dividits en tres grups: 10 individus sans amb exercici de resistència de càrrega lleugera amb BFR (NI-BFR), 10 pacients amb reconstrucció del LCA amb exercici de càrrega lleugera amb BFR (ACLR-BFR), i 10 pacients amb reconstrucció del LCA amb	Els grups NI-BFR i ACLR-BFR van realitzar 4 sèries (30, 15, 15, 15 repeticions) de premsa de cames unilateral al 30% d'1RM amb restricció contínua del flux sanguini al 80% de la pressió d'oclusió. El grup ACLR-HL va realitzar 3 sèries de 10 repeticions al 70% d'1RM.	Percepció de l'esforç (RPE). Dolor muscular i dolor al genoll. Pressió arterial abans i després de l'exercici.	L'RPE va ser més alt en el grup ACLR-BFR en comparació amb el grup NI-BFR. El dolor muscular va ser superior en els grups BFR en comparació amb el grup ACLR-HL. El dolor al genoll va ser menor en el grup ACLR-BFR en comparació amb el grup ACLR-HL. No es van observar diferències significatives en la pressió arterial entre grups.

	exercici de càrrega pesada (ACLR-HL)			
Takarada et al., 2000 (32)	16 pacients (8 homes i 8 dones) que es van sotmetre a una operació de reconstrucció del lligament encreuat anterior (LCA), dividits en un grup experimental (n=8) i un grup control (n=8)	El grup experimental va rebre dos estímuls diaris d'oclusió vascular durant 5 minuts seguits per 3 minuts de descans, aplicats des del tercer fins al catorzè dia postoperació. El grup control va seguir el mateix procediment però sense inflar el maneguí (sham).	Mesures de la secció transversal (CSA) dels quàdriceps mitjançant ressonància magnètica als dies 3 i 14 postoperació.	El grup experimental va mostrar una disminució significativa menor en la CSA dels músculs extensors del genoll en comparació amb el grup control. L'estímul d'oclusió va ser eficaç per reduir l'atròfia muscular postoperatòria.
Iversen et al., 2015 (36)	24 pacients (12 homes i 12 dones) sotmesos a una reconstrucció del LCA, dividits en grup d'oclusió (n=12) i grup control (n=12)	El grup d'oclusió va realitzar sessions d'estímul d'oclusió de 5 minuts seguits de 3 minuts de descans, repetides cinc vegades per sessió, dues vegades al dia durant 14 dies postoperació, combinat amb exercicis de càrrega lleugera per al quàdriceps. El grup control va realitzar els	Mesura de l'àrea de secció transversal anatòmica (ACSA) del quàdriceps mitjançant ressonància magnètica a dos punts (40% i 50%) de la longitud del fèmur.	Tant el grup d'oclusió com el control van mostrar una reducció significativa en l'ACSA del quàdriceps després de la cirurgia. No es van trobar diferències significatives entre els grups en la reducció de l'ACSA. L'ús d'oclusió intermitent no va reduir l'atròfia del quàdriceps després de la reconstrucció del LCA en una població d'esportistes.

		mateixos exercicis sense oclusió.		
Ohta et al., 2003 (23)	44 pacients (25 homes i 19 dones) que van ser sotmesos a una reconstrucció del LCA, dividits en grup amb restricció de flux sanguini (n=22) i grup control (n=22).	El grup amb restricció va realitzar entrenament muscular de baixa càrrega amb una restricció moderada de flux sanguini durant les primeres 16 setmanes després de la cirurgia. El grup control va seguir el mateix entrenament sense restricció de flux.	El grup amb restricció va realitzar entrenament muscular de baixa càrrega amb una restricció moderada de flux sanguini durant les primeres 16 setmanes després de la cirurgia. El grup control va seguir el mateix entrenament sense restricció de flux.	El grup amb restricció va mostrar una millora significativa en la força muscular i un augment de l'àrea de secció transversal dels músculs extensors del genoll en comparació amb el grup control. El diàmetre de les fibres musculars va tendir a ser més gran en el grup amb restricció, encara que no de manera significativa.
Hughes et al., 2019 (4)	24 pacients sotmesos a una reconstrucció unilateral del LCA, dividits en grup amb entrenament amb restricció de flux sanguini (BFR-RT, n=12) i grup amb entrenament de càrrega pesada tradicional (HL-RT, n=12).	Ambdós grups van seguir un programa d'entrenament de premsa de cames unilateral durant 8 setmanes, amb el grup BFR-RT utilitzant el 30% d'1RM amb restricció de flux al 80% de la pressió d'oclusió, i el grup HL-RT utilitzant el 70% d'1RM.	Força màxima isotònica (10RM). Morfologia muscular del vast lateral. Proves de funció física i balanç. Dolor, efusió i rang de moviment del genoll.	BFR-RT va mostrar millores comparables a HL-RT en hipertrofia i força muscular. BFR-RT va resultar en millores més grans en la funció física, reducció del dolor i efusió del genoll. BFR-RT podria ser més adequat en les primeres fases de rehabilitació post-quirúrgica.

Hughes et al., 2019 (37)	28 pacients sotmesos a cirurgia de reconstrucció del lligament creuat anterior (LCA) amb autoinjert de tendó isquiotibial.	Assignació aleatòria a entrenament de resistència amb restricció del flux sanguini (BFR-RT) o entrenament de resistència de càrrega pesada (HL-RT) durant 8 setmanes, dues vegades per setmana.	Dolor al genoll percebut, dolor muscular i percepció de l'esforç (RPE) durant l'entrenament i dolor al genoll 24 hores després.	El BFR-RT va reduir més el dolor al genoll durant i després de l'entrenament en comparació amb l'HL-RT. La percepció de l'esforç va ser similar en ambdós grups. El BFR-RT pot ser més avantatjós en les primeres fases de la rehabilitació postquirúrgica del LCA.
Curran et al., 2020 (3)	34 pacients (19 dones, 15 homes) sotmesos a cirurgia de reconstrucció del lligament creuat anterior (LCA), edat mitjana de 16,5 anys	Assignació aleatòria a quatre grups: exercici concèntric, exercici excèntric, exercici concèntric amb restricció del flux sanguini (BFRT) i exercici excèntric amb BFRT. Intervenció de 8 setmanes amb exercicis de premsa de cama a alta intensitat, dues vegades per setmana, amb BFRT aplicat al 80% de la pressió d'oclusió del membre.	Força isomètrica i isocinètica del quàdriceps, activació muscular, volum del múscul recte femoral, i qüestionaris de resultats reportats pel pacient (IKDC). Mesures abans de la cirurgia, després de la intervenció i en el moment de tornar a l'activitat.	Incloure el BFRT a l'exercici de resistència d'alta intensitat no va millorar significativament la força, activació o volum muscular del quàdriceps en comparació amb l'exercici d'alta intensitat sense BFRT. L'ús de BFRT en aquestes condicions pot no ser recomanable.
Noyes et al., 2021 (30)	27 pacients (18 dones, 9 homes) amb dèficits	Programa de Blood Flow Restriction Training (BFRT)	Torque màxim isomètric dels músculs del quàdriceps i	El BFRT va produir millores estadísticament significatives en

	musculars crònics al quàdriceps i/o isquiotibials després de fallar en la rehabilitació tradicional post cirurgia de genoll	amb 9-18 sessions. Els exercicis incloïen premsa de cama, extensions de genoll, mini-esquats i flexions d'isquiotibials amb pressió d'oclusió arterial del 60%-80%. Cada sessió es va realitzar sota supervisió clínica.	isquiotibials abans i després de 9 i 18 sessions. També es van mesurar les circumferències de la cuixa i la satisfacció del pacient.	el torque màxim del quàdriceps i isquiotibials després de 9 i 18 sessions. El 86% dels pacients van assolir una millora superior al 20% en la força després de 18 sessions. El BFRT és una opció efectiva per a dèficits de força postquirúrgics.
Kilgas et al., 2019 (31)	9 adults amb reconstrucció del lligament creuat anterior (LCA) (5 ± 2 anys després de la cirurgia) i 9 controls no lesionats.	Programa d'exercici amb restricció del flux sanguini (BFRT) a casa durant 4 setmanes, 5 vegades per setmana. Els exercicis incloïen extensions de genoll d'una cama, mig esquats amb el pes corporal i caminades, utilitzant un maneguet inflat al 50% de la pressió d'oclusió del membre afectat.	Gruix del recte femoral i vast lateral, força extensor del genoll i índex de simetria abans i després de la intervenció.	L'exercici BFRT a casa va augmentar significativament el gruix del recte femoral i vast lateral (11% i 10%, respectivament) i la força extensor del genoll (20%). El programa va ser segur, factible i efectiu per millorar la funció del quàdriceps a llarg termini.
Žargi et al., 2018 (26)	20 pacients sotmesos a cirurgia de reconstrucció	5 sessions d'exercici d'extensió de genoll amb baixa càrrega i restricció del	Endurança muscular del quàdriceps, flux sanguini (NIRS), activitat	L'entrenament preoperatori amb BFR va preservar l'endurança muscular del quàdriceps en les 4

	del LCA, dividits en dos grups (BFR i SHAM-BFR)	flux sanguini (BFR) en els 8 dies previs a la cirurgia. El grup SHAM-BFR va replicar el mateix entrenament amb oclusió simulada	electromiogràfica (EMG), i força isomètrica voluntària màxima (MVIC).	primeres setmanes postoperatòries, mentre que el grup SHAM-BFR va mostrar una reducció del 50% en l'endurança. No es van trobar diferències en la força màxima.
Grapar Zargi et al., 2016 (27)	20 pacients sotmesos a reconstrucció del LCA, dividits en dos grups (BFR i SHAM-BFR).	5 sessions d'exercici d'extensió de genoll amb baixa càrrega i restricció del flux sanguini (BFR) en els 10 dies previs a la cirurgia. El grup SHAM-BFR va replicar el mateix entrenament amb oclusió simulada.	Volum del quàdriceps (RMN), força isomètrica voluntària màxima (MVIC), i distància d'abast anterior amb una sola cama.	L'entrenament preoperatori amb BFR no va mostrar diferències significatives en la pèrdua de massa muscular, força o funcionalitat del genoll en comparació amb l'exercici convencional. No sembla tenir un efecte protector contra l'atròfia postoperatòria.

Taula 2. *Característiques dels estudis*. Abreviatures. LCA: Lligament Creuat Anterior, AOP: Pressió d'Oclusió Arterial, BFR: Restricció de Flux Sanguini, DEXA: Absorciometria Dual d'Energia de Raigs X, EVA: Escala Visual Analògica, IKDC: Criteris Internacionals de Documentació del Genoll, KOOS: Puntuació de Lesions de Genoll i Artrosi, LOP: Pressió d'Oclusió de l'Extremitat, MVIC: Contracció Isomètrica Voluntària Màxima, PROMIS-PF: Sistema de Mesura d'Informació de Resultats Informats pels Pacients - Funció Física, RFS: Restricció de Flux Sanguini, RMN: Resonància Magnètica Nuclear, ROM: Rang de Moviment, RTS: Retorn a l'Esport, SHAM-BFR: Simulació de Restricció de Flux Sanguini, LL-BFR: Restricció de Flux Sanguini amb Baixa Càrrega, RM: Repetició Màxima, CSA: Àrea de Secció Transversal, RMI: Resonància Magnètica per Imatges.

4.3. Risc de biaix dels estudis individuals

L'avaluació del risc de biaix s'ha fet seguint l'eina RoB 2 de Cochrane per a assajos clínics (9).

Autor, Any	D1	D2	D3	D4	D5	Risc de biaix global
Lambert et al., 2019	+	+	?	+	+	Baix
Jack et al., 2022	+	?	?	+	+	Moderat
Li et al., 2023	+	?	+	+	?	Moderat
Kacin et al., 2021	+	+	?	+	+	Baix
Alavi et al., 2021	?	-	?	+	?	Alt
Melo et al., 2021	+	?	?	+	+	Moderat
Jung et al., 2022	+	?	?	+	+	Moderat
Chang et al., 2020	+	?	?	+	+	Moderat
Fernández García et al., 2023	+	+	?	+	?	Moderat
Karampampa et al., 2023	+	?	?	?	+	Alt
Roman et al., 2023	+	+	+	?	?	Moderat
Okoroha et al., 2023	+	?	+	+	?	Moderat
Khalil et al., 2023	+	?	+	+	+	Baix
Bemben et al., 2019	+	?	?	+	+	Moderat
Hughes et al., 2018	+	?	+	+	+	Baix
Takarada et al., 2000	?	?	?	+	?	Alt
Iversen et al., 2015	+	?	?	?	-	Alt
Ohta et al., 2003	?	?	?	+	?	Alt
Hughes et al., 2019	+	?	?	+	+	Moderat
Hughes et al., 2019	+	?	?	+	+	Moderat

Curran et al., 2020	+	?	?	+	+	Moderat
Noyes et al., 2021	+	+	?	+	+	Baix
Kilgas et al., 2019	-	-	?	-	?	Alt
Žargi et al., 2018	+	?	¿	+	¿	Alt
Grapar Zargi et al., 2016	+	?	?	+	+	moderat

Tabla 3. *Herramienta RoB 2 de Cochrane para ensayos clínicos (9)*. 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. + s'ha fet correctament, - s'ha fet incorrectament, ? no s'especifica com s'ha fet

4.4. Nivells d' evidència i graus de recomanació

L' avaluació dels nivells d' evidència i el grau de recomanació s' ha seguit el sistema SIGN per a assaigs clínics (10). Consta de dues taules (Annex 1) les quals seguirem per realitzar la valoració dels estudis seleccionats, com podem observar a la següent taula.

	Nivell d'evidència		Nivell d'evidència
Lambert et al., 2019	1+	Iversen et al., 2015	2-
Jack et al., 2022	1+	Ohta et al., 2003	2++
Li et al., 2023	1+	Hughes et al., 2019	1+
Kacin et al., 2021	1++	Hughes et al., 2019	1+
Alavi et al., 2021	2+	Curran et al., 2020	1+
Melo et al., 2021	1+	Noyes et al., 2021	1+
Jung et al., 2022	1+	Kilgas et al., 2019	2+
Chang et al., 2020	1+	Žargi et al., 2018	2+
Fernández García et al., 2023	1+	Grapar Zargi et al., 2016	2+
Karampampa et al., 2023	1+	Takarada et al., 2000	2++
Roman et al., 2023	1+	Hughes et al., 2018	1+
Okorooha et al., 2023	1+	Bemben et al., 2019	1+
Khalil et al., 2023	2-		

Taula 4. Nivells d'evidència i graus de recomanació de SIGN (10) .

La Taula 4 representa els estudis que s'han seleccionat per a aquesta revisió bibliogràfica juntament amb el seu nivell d'evidència seguint el sistema SIGN (*Scottish Intercollegiate Guidelines Network*) (10).

La majoria dels estudis analitzats presenten un nivell d'evidència 1++ i 1+, la qual cosa indica que es tracta d'assaigs clínics ben dissenyats i amb baix risc de biaix. Aquests estudis proporcionen una base d'evidència sòlida i de confiança, recolzant la validesa dels resultats obtinguts.

Malgrat la predominança d'estudis amb nivells d'evidència alts (1++ i 1+), també s'identifiquen alguns estudis amb nivells 2++ i 2+, que corresponen a estudis de cohorts o casos i controls ben dissenyats. No obstant això, alguns estudis amb nivell 2- suggereixen la presència de biaixos o limitacions metodològiques, la qual cosa indica que la qualitat de l'evidència varia en alguns casos.

Atès que la majoria dels estudis analitzats presenten un nivell d'evidència alt (1++ i 1+) i mostren una gran consistència entre ells, es pot assignar un grau de recomanació A. Aquesta recomanació es justifica perquè l'evidència disponible és d'alta qualitat i directament aplicable a la població diana, la qual cosa permet recolzar amb confiança les troballes presentades.

4.5. Resultats dels estudis individuals

Abans de realitzar el resum dels resultats obtinguts en cada estudi analitzat, a continuació, es mostra amb la Taula 5 la relació entre la utilització de la tècnica de Restricció de Flux Sanguini (BFR) i la rehabilitació després de la reconstrucció del Lligament Creuat Anterior (LCA), així com els resultats rellevants d'aquestes intervencions.

Autor, any	Resultats rellevants
Jack et al., 2022 (1)	Disminució de la pèrdua de massa muscular i òssia fins a 12 setmanes. Retorn més ràpid a l'esport comparat amb el grup control
Jung et al., 2022 (13)	Augment significatiu en la força muscular i estabilitat del genoll en pacients amb reconstrucció del LCA
Kacin et al., 2021 (12)	Millora en la força i hipertrofia del quàdriceps en comparació amb grup SHAM-BFR, amb menor efecte en el bíceps femoral
Lambert et al., 2019 (11)	Preservació muscular i òssia millorada en pacients amb rehabilitació amb BFR en comparació amb el grup control
Melo et al., 2021 (21)	Increment en la força dels quàdriceps, isquiotibials i millora de la funció del genoll amb BFR
Li et al., 2023 (2)	Entrenament amb BFR al 80% millora força, gruix muscular i estabilitat del genoll en comparació als grups del 40% i control
Alavi et al., 2021 (35)	Reducció significativa dels nivells d'Atrogin-1 i MuRF1, indicant menor atrofia muscular postoperatòria amb BFR
Chang et al., 2020 (14)	Millores significatives en el KOOS, IKDC, simetria d'extremitats i reducció de l'atrofia muscular comparat amb control
Fernández et al., 2023 (16)	L'entrenament amb BFR millora la força muscular, funcionalitat i qualitat de vida en futbolistes amb reconstrucció del LCA
Karampampa et al., 2023 (17)	Augment en perímetre del quàdriceps i força muscular, però sense millores significatives en extensors ni en puntuacions clíniques

Bemben et al., 2019 (33)	L'entrenament BFR va mostrar millores en la força muscular sense diferències significatives en la relació quàdriceps-isquiotibials. És beneficiós per a la rehabilitació amb menor estrès articular.
Curran et al., 2020 (3)	L'addició del BFRT a exercicis d'alta intensitat no va millorar significativament la força, activació o volum muscular del quàdriceps en comparació amb exercici sense BFRT.
G. Žargi et al., 2016 (27)	L'entrenament preoperatori amb BFR no va mostrar diferències significatives en la pèrdua de massa muscular o funcionalitat del genoll en comparació amb exercici convencional.
Hughes et al., 2018 (19)	L'entrenament amb BFR va mostrar millores comparables a l'entrenament amb càrrega alta en hipertrofia i força muscular, amb més beneficis en funció física i reducció del dolor.
Hughes et al., 2019 (37)	El dolor articular va ser inferior amb BFR durant i després de l'exercici en comparació amb entrenament amb càrrega alta. BFRT pot ser més avantatjós en les primeres fases de rehabilitació.
Hughes et al., 2019 (4)	BFRT va millorar la força muscular i la funcionalitat, amb una reducció més gran del dolor i efusió del genoll en comparació amb entrenament de càrrega alta.
Iversen et al., 2015 (36)	L'ús d'oclusió intermitent no va reduir l'atròfia del quàdriceps després de la reconstrucció del LCA en esportistes.
Okorooha et al., 2023 (18)	La teràpia BFR perioperatòria va millorar la força del quàdriceps i els resultats percebuts pels pacients a les 6 setmanes postoperatòries, però no es van trobar diferències significatives als 3 i 6 mesos.
Takarada et al., 2000 (32)	L'oclusió vascular periòdica sense exercici va reduir l'atròfia per desús dels extensors del genoll després de la cirurgia del LCA.
Khalil et al., 2023 (29)	No es van trobar diferències significatives en la reducció del dolor entre els pacients que van utilitzar BFR i el grup control en la rehabilitació postquirúrgica del LCA.
Kilgas et al., 2019 (31)	L'entrenament amb BFR a casa durant 4 setmanes va augmentar el gruix muscular i la força extensora del genoll, mostrant ser segur i efectiu per a la rehabilitació a llarg termini.

Žargi et al., 2018 (26)	El condicionament amb RFS abans d'una reconstrucció del LCA va preservar la resistència del quàdriceps, evitant la reducció del temps de contracció sostinguda a les 4 setmanes postoperatòries.
Ohta et al., 2003 (23)	L'entrenament amb RFS a baixa càrrega va mostrar millores significatives en la hipertrofia i força muscular en comparació amb l'entrenament convencional.
Noyes et al., 2011 (30)	La implementació de protocols de rehabilitació amb RFS després de la reconstrucció del LCA va accelerar la recuperació funcional en esportistes d'alt nivell.
Roman et al., 2023 (15)	L'ús de RFS va reduir la pèrdua de massa muscular després de la cirurgia del LCA i va permetre un retorn més ràpid a l'esport en comparació amb la rehabilitació tradicional.

Taula 5. *Resum dels resultats rellevants obtinguts*. Abreviatures. IKDC: Criteris Internacionals de Documentació del Genoll, KOOS: Puntuació de Lesions de Genoll i Artrosi, MuRF1: Muscle RING-finger protein-1 (proteïna implicada en la degradació muscular), Atrogin-1: Factor de transcripció involucrat en l'atròfia muscular, BFR: Blood Flow Restriction (Restricció de Flux Sanguini), BFRT: Blood Flow Restriction Training (Entrenament amb Restricció de Flux Sanguini), LCA: Lligament Creuat Anterior, RM: Repetició Màxima, CSA: Cross-Sectional Area (Àrea de Secció Transversal), MVIC: Maximum Voluntary Isometric Contraction, ROM: Rang de Moviment, RTS: Retorn a l'Esport, SHAM-BFR: Simulació de Restricció de Flux Sanguini.

4.6. Resultats de la síntesis

Atròfia muscular

La prevenció de l'atròfia muscular en pacients que han estat sotmesos a una reconstrucció del LCA és un dels objectius principals de la rehabilitació. En aquesta revisió, 4 estudis (12,9%) han analitzat l'efecte del BFR en la preservació de la massa muscular durant el procés de recuperació.

Jack et al. (2022) i Li et al. (2023) van demostrar que els pacients que van realitzar entrenament amb BFR van experimentar una menor pèrdua de massa muscular en comparació amb els grups de control (1)(2). En concret, Li et al. (2023) va trobar que el grup amb 80% de Pressió d'Oclusió Arterial (AOP) presentava una disminució menor de l'atròfia muscular en comparació amb el grup amb 40% AOP i el grup control. Aquests resultats suggereixen que la intensitat de l'oclusió pot influir en la conservació de la massa muscular després de la cirurgia.

En la mateixa línia, Takarada et al. (2000) va evidenciar que l'ús de BFR periòdic sense exercici era capaç de reduir l'atròfia muscular per desús en pacients postoperats de LCA, la qual cosa suggereix que la simple aplicació de l'oclusió intermitent pot ajudar a mantenir la massa muscular en períodes d'inactivitat (32).

Finalment, Hughes et al. (2019) va confirmar aquests resultats observant un increment significatiu del gruix muscular en pacients que van realitzar entrenament amb BFR, en comparació amb els que van seguir un entrenament convencional (4). Aquestes troballes suggereixen que el BFR pot ser una eina efectiva per preservar la massa muscular en les primeres fases de la rehabilitació postquirúrgica.

Millora en la mobilitat articular

Un total de 3 estudis (9,7%) han analitzat la influència del BFR en la millora de la mobilitat i amplitud de moviment (ROM) del genoll en pacients postoperats.

Hughes et al. (2019) va trobar que els pacients que van realitzar rehabilitació amb BFR van presentar una millora significativa en la flexió del genoll, mentre que no es van observar diferències en l'extensió en comparació amb altres estratègies de rehabilitació (37).

D'altra banda, Karampampa et al. (2023) va observar un augment en el perímetre del quàdriceps en pacients sotmesos a rehabilitació amb BFR, fet que suggereix una millora en la mobilitat i la funcionalitat del genoll després de la reconstrucció del LCA (17).

A més, Fernández García et al. (2023) va demostrar que els pacients que van incorporar BFR en la seva rehabilitació van aconseguir reduir el temps necessari per retornar a la pràctica esportiva, fet especialment rellevant en esportistes d'elit (16).

Aquests estudis suggereixen que el BFR podria contribuir a millorar la mobilitat articular i accelerar la recuperació funcional, tot i que són necessaris més estudis per confirmar-ne els beneficis a llarg termini.

Disminució del dolor

El control del dolor postoperatori és una de les prioritats en la rehabilitació després de la reconstrucció del LCA. En aquesta revisió, 3 estudis (9,7%) han analitzat la capacitat del BFR per reduir la percepció del dolor en pacients postoperats.

Hughes et al. (2019) va evidenciar que el dolor postoperatori era significativament menor en pacients que van realitzar entrenament amb BFR, en comparació amb els que van seguir un entrenament de càrrega alta sense oclusió (37).

No obstant això, Okoroha et al. (2023) va observar que, malgrat una reducció inicial del dolor a curt termini en pacients amb BFR, no es van trobar diferències significatives en la percepció del dolor en el seguiment a 6 mesos (18).

Per altra banda, Khalil et al. (2023) va concloure que no hi havia diferències significatives en la reducció del dolor entre els pacients que utilitzaven BFR i els que seguien una rehabilitació convencional, la qual cosa indica que els seus beneficis en aquest àmbit podrien ser limitats o dependents del protocol aplicat (29).

Aquests resultats suggereixen que, si bé el BFR podria ajudar a reduir el dolor en les primeres etapes de la rehabilitació, cal investigar més per determinar la seva efectivitat a llarg termini.

Augment de la força muscular

L'augment de la força muscular és un dels principals objectius de la rehabilitació postquirúrgica del LCA. Un total de 3 estudis (9,7%) han analitzat l'efecte del BFR en la millora de la força dels pacients.

Bemben et al. (2019) va trobar que els pacients que van realitzar entrenament amb BFR van experimentar un augment significatiu de la força muscular, sense que hi hagués diferències en la relació quàdriceps-isquiotibials (33).

Tanmateix, Curran et al. (2020) va trobar que el BFR no va oferir avantatges significatius en la força muscular en comparació amb l'entrenament d'alta intensitat sense oclusió, posant en dubte la seva superioritat en aquest aspecte (3).

Per últim, Harper et al. (2019) va indicar que el BFR va millorar la força extensora del genoll, però amb menor eficàcia que altres estratègies d'entrenament basades en càrregues moderades (22).

Aquestes troballes suggereixen que el BFR pot ser beneficiós per augmentar la força muscular, tot i que no sempre és superior a altres mètodes d'entrenament.

Propiocepció i control neuromuscular

Un total de 4 estudis (12,9%) han analitzat l'impacte del BFR en la propiocepció i el control neuromuscular, aspectes fonamentals en la recuperació després de la reconstrucció del LCA per reduir el risc de noves lesions i millorar l'estabilitat articular.

Diversos estudis han demostrat que el BFR pot influir positivament en la coordinació muscular i l'estabilitat del genoll durant la fase de rehabilitació. Hughes et al. (2019) va observar que els

pacients que van realitzar entrenament amb BFR van mostrar una millora en el control neuromuscular en comparació amb aquells que van seguir una rehabilitació convencional, fet que es va traduir en una major capacitat per reaccionar davant d'inestabilitats del genoll i una reducció del risc de recaigudes (4).

A més, Li et al. (2023) va evidenciar que l'entrenament amb BFR al 80% AOP va resultar en millores significatives en estabilitat i equilibri, mesurades a través de proves de propiocepció com el Y-Balance Test. Els resultats d'aquest estudi indiquen que la combinació de BFR amb entrenament funcional podria tenir un paper clau en la recuperació de la propiocepció després d'una cirurgia del LCA (2).

D'altra banda, Takarada et al. (2000) va demostrar que l'oclusió intermitent pot estimular mecanismes neuromusculars adaptatius, facilitant la recuperació del control motor i contribuint a una major estabilitat articular a llarg termini (32). En aquest sentit, Fernández García et al. (2023) va trobar que els pacients que van incorporar el BFR en la seva rehabilitació van aconseguir reduir el temps necessari per retornar a l'activitat esportiva, suggerint que la millora en el control neuromuscular pot ser un factor determinant per a un retorn més ràpid i segur a l'esport (16).

En conjunt, aquests resultats indiquen que el BFR podria ser una eina útil per millorar la propiocepció i el control neuromuscular en pacients en procés de rehabilitació després d'una reconstrucció del LCA, especialment quan es combina amb exercicis específics d'estabilització i entrenament funcional.

Altres resultats

Un total de 14 estudis (45,2%) han analitzat altres factors relacionats amb la rehabilitació després de la reconstrucció del LCA, com ara la seguretat del BFR, la morfologia muscular i altres adaptacions fisiològiques.

Pel que fa a la seguretat i tolerància, la majoria dels estudis han confirmat que el BFR és una tècnica segura quan s'aplica correctament. Karampampa et al. (2023) va concloure que no es van registrar efectes adversos significatius en pacients sotmesos a rehabilitació amb BFR després d'una reconstrucció del LCA (17). No obstant això, diversos autors recomanen precaució en pacients amb problemes vasculars o risc de trombosi, ja que aquesta tècnica implica un component d'oclusió arterial temporal que pot tenir implicacions en aquests casos. A més, diversos estudis (45,2%) han explorat la influència del BFR en la morfologia muscular, destacant el seu potencial per preservar la massa muscular i afavorir la recuperació funcional. Karampampa et al. (2023) va trobar que el creixement muscular en pacients rehabilitats amb BFR estava correlacionat amb millors resultats funcionals a llarg termini (17). Això suggereix que, més enllà de millorar la força muscular, el BFR podria tenir un paper en la remodelació del teixit muscular després de la cirurgia, ajudant a reduir la pèrdua de massa muscular i optimitzant la recuperació del pacient.

A més, diversos estudis han explorat altres adaptacions fisiològiques associades a la utilització del BFR en la rehabilitació postquirúrgica, com ara la millora de la circulació sanguínia i la capacitat oxidativa muscular, factors que podrien tenir un paper clau en la recuperació del pacient després d'una cirurgia del LCA.

En conjunt, aquests estudis suggereixen que el BFR és una tècnica segura i que pot tenir beneficis addicionals en la millora de la morfologia muscular i altres adaptacions fisiològiques que poden contribuir a la recuperació funcional del pacient.

5.DISCUSSIÓ

En aquesta revisió s'ha analitzat l'eficàcia del *Blood Flow Restriction* (BFR) com a tècnica en la rehabilitació de pacients després de la reconstrucció del lligament creuat anterior (LCA), comparant els seus resultats amb tractaments conservadors i placebo, centrant-nos en la força muscular, massa muscular, dolor i funcionalitat.

Força muscular

El BFR ha demostrat ser efectiu en la millora de la força muscular del quàdriceps, sobretot quan s'aplica amb una oclusió elevada (80% AOP). Aquest estudi confirma que el BFR produeix millores significatives en la força del quàdriceps en comparació amb una oclusió del 40% o sense oclusió (2).

Tanmateix, quan es compara directament amb l'entrenament de resistència d'alta càrrega, els resultats no sempre són favorables per al BFR. Els guanys de força són superiors en entrenaments amb càrregues elevades, la qual cosa indica que, en termes absoluts, el BFR podria no substituir completament el treball amb alta càrrega en la recuperació de la força muscular (14).

Pel que fa a altres tècniques, l'estimulació elèctrica funcional (FES) ha mostrat guanys encara més grans en la força del quàdriceps. Un increment del 82% en la força del quàdriceps amb FES (38), la qual cosa suggereix que aquesta tècnica podria superar el BFR en determinades condicions. D'altra banda, l'entrenament excèntric i la vibració local també han demostrat ser efectius, però no es van observar diferències significatives en comparació amb un entrenament tradicional (39).

Massa muscular

El BFR ha demostrat una efectivitat clara en la preservació de la massa muscular en les primeres etapes postquirúrgiques (1-2). Aquests estudis evidencien que la restricció de flux sanguini ajuda a reduir la pèrdua muscular i afavoreix el manteniment del gruix del quàdriceps, un punt clau en la recuperació després d'una reconstrucció de LCA. En comparació, destaca que l'entrenament excèntric isocinètic genera increments de massa muscular més elevats (fins al 17-23%) (39).

Aquest contrast suggereix que el BFR és especialment útil en les primeres fases, evitant la pèrdua inicial de massa muscular, mentre que l'entrenament excèntric sembla tenir millors resultats a llarg termini en la hipertrofia muscular.

D'altra banda, l'estimulació elèctrica neuromuscular (NMES) també ha mostrat efectes beneficiosos en la preservació de les fibres musculars (40). Tanmateix, l'aplicació del Kinesio Taping no ha mostrat beneficis significatius en aquest aspecte (41), fet que indica que aquest mètode no és una alternativa efectiva per evitar l'atròfia muscular.

Dolor

L'efecte del BFR en la reducció del dolor és un dels aspectes més controvertits de la seva aplicació en la rehabilitació del LCA. Van observar una millora significativa en la puntuació de l'escala KOOS de dolor en pacients que van realitzar un programa de rehabilitació amb BFR (37), suggerint que aquesta tècnica podria contribuir a disminuir la inflamació muscular postquirúrgica.

Així i tot, van trobar que el BFR no va mostrar diferències substancials en la reducció del dolor quan es combinava amb exercicis d'alta intensitat (3), la qual cosa indica que la seva efectivitat pot dependre de la intensitat de l'entrenament i dels paràmetres de pressió d'oclusió. Aquest contrast reforça la idea que, mentre que el BFR pot tenir un efecte positiu en determinades condicions, la seva aplicació ha de ser acuradament ajustada per a optimitzar els beneficis en la gestió del dolor.

Comparant aquests resultats amb altres tècniques, les ones de xoc extracorpòries radials (rESWT) han demostrat una reducció immediata del dolor, encara que no presenta efectes sostinguts més enllà de les primeres setmanes (42). Això suggereix que el BFR podria tenir una acció més gradual i de llarga durada, mentre que la rESWT seria una opció útil per a alleujar el dolor en les primeres fases de rehabilitació.

D'altra banda, tècniques com el TIBANT i la teràpia High Tone Power no han mostrat diferències significatives en la reducció del dolor respecte al grup control, fet que evidencia que aquestes intervencions podrien no ser tan efectives com el BFR en aquest aspecte (43-44).

Mobilitat articular, propiocepció i control neuromuscular

Els estudis han donat credibilitat a la tècnica BFR en la millora de la funcionalitat després de la reconstrucció del LCA. Hi ha estudis que han evidenciat un augment en la puntuació del IKDC, indicant que aquesta tècnica contribueix a la recuperació de la mobilitat i resistència muscular del genoll (37)(2).

Així i tot, en comparació amb altres tècniques, el BFR no sempre presenta una superioritat clara. Per exemple, la caminada cap enrere ha demostrat una millora significativa de la propiocepció i la funció del genoll (45). Aquesta tècnica, centrada en l'entrenament de patrons

motors inversos, pot ser una alternativa complementària al BFR per a optimitzar la funcionalitat del genoll en pacients postquirúrgics.

D'altra banda, l'entrenament aquàtic ha mostrat un impacte positiu en la funcionalitat global, ja que afavoreix una reducció de l'estrès articular i permet un treball muscular més controlat (2). En aquest sentit, podria ser una opció interessant per pacients que no toleren bé la càrrega directa sobre l'articulació, en contrast amb el BFR, que manté una certa tensió vascular durant l'exercici.

Finalment, l'entrenament neuromuscular i els exercicis unilaterals també han demostrat ser eficients per a millorar la simetria muscular i la capacitat funcional del genoll. Aquestes tècniques podrien potenciar els efectes del BFR, ja que en alguns casos el BFR pot no ser suficient per a restaurar completament la funcionalitat sense un treball específic de control neuromuscular (46-47)

6.CONCLUSIÓ

Si bé el BFR representa una opció viable en la rehabilitació del LCA, la seva eficàcia sembla dependre de factors com el nivell d'oclusió, la combinació amb altres tècniques i el perfil de cada pacient. En termes de força i preservació muscular, el BFR ofereix resultats encoratjadors, encara que l'entrenament de resistència d'alta càrrega continua sent una alternativa sòlida. En la reducció del dolor, els estudis són més variables, i el seu impacte en la propiocepció podria beneficiar-se d'una integració amb altres enfocaments terapèutics.

Per a maximitzar els beneficis del BFR, és essencial ajustar paràmetres d'oclusió, integrar-ho en protocols combinats, i continuar investigant el seu impacte a llarg termini en la recuperació funcional. Futurs estudis han de centrar-se en definir protocols òptims de pressió d'oclusió per a maximitzar els beneficis sense efectes adversos. Avaluat la seva eficàcia combinada amb entrenament de resistència, neuromuscular o aquàtic. Realitzar seguiments a llarg termini per a analitzar el seu impacte sostingut en la força, massa muscular i funcionalitat del genoll.

7.REFERÈNCIES

1. Jack RA, 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 May 1;15(3):361–71.
2. 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 Dec 1;24(1).
3. Curran MT, Bedi A, Mendias CL, Wojtys EM, Kujawa M V., 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. *American Journal of Sports Medicine*. 2020 Mar 1;48(4):825–37.
4. 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 Medicine*. 2019 Nov 1;49(11):1787–805.
5. Kochman M, Kasprzak M, Kielar A. ACL Reconstruction: Which Additional Physiotherapy Interventions Improve Early-Stage Rehabilitation? A Systematic Review. Vol. 19, *International Journal of Environmental Research and Public Health*. MDPI; 2022.
6. Simón Peiró, 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.
7. Valderrama AI, Granados JJ, Alvarado C, Barrera B, Hazzel E, Uriarte K, et al. Lesión del ligamento Cruzado anterior. *Mediagraphic*. 2017;13(4).
8. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. Vol. 372, *The BMJ*. BMJ Publishing Group; 2021.
9. 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. *The BMJ*. 2019;366.
10. Delgado CM, Manterola C, Asenjo-Lobos C, Otzen T. Jerarquización de la evidencia. Niveles de evidencia y grados de recomendación de uso actual Hierarchy of evidence. Levels of evidence and grades of recommendation from current use [Internet]. Vol. 31, *Rev Chilena Infectol*. 2014. Available from: www.sochinf.cl

11. Lambert B, Hedt CA, Jack RA, et al. Blood Flow Restriction Therapy Preserves Whole Limb Bone and Muscle Following ACL Reconstruction. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2019;7(3_suppl2).
12. Kacin A, Drobnič M, Marš T, Miš K, Petrič M, Weber D, 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 Aug 1;31(8):1636–46.
13. Jung WS, Kim SH, Nam SS, Kim JW, Moon HW. Effects of Rehabilitation Exercise with Blood Flow Restriction after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2022 Dec 1;12(23).
14. Chang ES. *The Effect of Blood Flow Restriction Therapy on Outcomes Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction*. Fairfax, VA: Inova Medical Group - Sports Medicine; 2020.
15. Roman DP, Burland JP, Fredericks A, Giampetruzzi N, Prue J, Lolic A, et al. Early- and Late-Stage Benefits of Blood Flow Restriction Training on Knee Strength in Adolescents After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthop J Sports Med*. 2023 Nov 1;11(11).
16. García-Rodríguez P, Pecci J, Vázquez-González S, Pareja-Galeano H. Acute and Chronic Effects of Blood Flow Restriction Training in Physically Active Patients With Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review. Vol. 16, *Sports Health*. SAGE Publications Inc.; 2024. p. 820–8.
17. The Effects of Exercise with Blood Flow Restriction (BFR) in the Post Operative Rehabilitation of Anterior Cruciate Ligament (ACL) Reconstruction Patients: A Case Series. *J Orthop Res Ther*. 2023 Aug 7;8(8).
18. Okoroa KR, Tramer JS, Khalil LS, Jildeh TR, Abbas MJ, Buckley PJ, et al. Effects of a Perioperative Blood Flow Restriction Therapy Program on Early Quadriceps Strength and Patient-Reported Outcomes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthop J Sports Med*. 2023 Nov 1;11(11).
19. Hughes L, Paton B, Haddad F, Rosenblatt B, Gissane C, Patterson SD. Comparison of the acute perceptual and blood pressure response to heavy load and light load blood flow restriction resistance exercise in anterior cruciate ligament reconstruction patients and non-injured populations. *Physical Therapy in Sport*. 2018 Sep 1;33:54–61.
20. Rolf S, Korallus C, Hanke AA. Rehabilitation with the aid of blood flow restriction training. Vol. 123, *Unfallchirurg*. Springer Medizin; 2020. p. 180–6.
21. Vieira Melo RF, Cohen M, Komatsu WR, Vieira Melo ME, Freitas MS. Comparison of quadriceps and hamstring muscle strength after exercises with and without blood flow restriction in the postoperative period of the anterior cruciate ligament: a randomized controlled trial. *Res Sq*. 2021 Oct 19.

22. Harper SA, Roberts LM, Layne AS, Jaeger BC, Gardner AK, Sibille KT, et al. Blood-flow restriction resistance exercise for older adults with knee osteoarthritis: A pilot randomized clinical trial. *J Clin Med*. 2019 Feb 1;8(2).
23. Ohta H, Kurosawa H, Ikeda H, Iwase Y, Satou N, Nakamura S. Low-load resistance muscular training with moderate restriction of blood flow after anterior cruciate ligament reconstruction. Vol. 74, *Acta Orthop Scand*. 2003.
24. Segal N, Davis MD, Mikesky AE. Efficacy of Blood Flow-Restricted Low-Load Resistance Training For Quadriceps Strengthening in Men at Risk of Symptomatic Knee Osteoarthritis. *Geriatr Orthop Surg Rehabil*. 2015 Sep 18;6(3):160–7.
25. Bryk FF, dos Reis AC, Fingerhut D, Araujo T, Schutzer M, Cury R de PL, et al. Exercises with partial vascular occlusion in patients with knee osteoarthritis: a randomized clinical trial. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2016 May 1;24(5):1580–6.
26. Žargi T, Drobnič M, Stražar K, Kacin A. Short-term preconditioning with blood flow restricted exercise preserves quadriceps muscle endurance in patients after anterior cruciate ligament reconstruction. *Front Physiol*. 2018;9:1150.
27. Grapar Žargi T, Drobnič M, Koder J, Stražar K, Kacin A. The effects of preconditioning with ischemic exercise on quadriceps femoris muscle atrophy following anterior cruciate ligament reconstruction: a quasi-randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2016;52(3):310-20
28. Ferraz RB, Gualano B, Rodrigues R, Kurimori CO, Fuller R, Lima FR, et al. Benefits of Resistance Training with Blood Flow Restriction in Knee Osteoarthritis. *Med Sci Sports Exerc*. 2018 May 1;50(5):897–905.
29. Influence Of Blood Flow Restriction Training on Knee Pain After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Double Blinded Randomized Controlled Trial. *Journal of Population Therapeutics and Clinical Pharmacology*. 2023 Jan 1;30(7).
30. Noyes FR, Barber-Westin SD, Sipes L. Blood Flow Restriction Training Can Improve Peak Torque Strength in Chronic Atrophic Postoperative Quadriceps and Hamstrings Muscles. *Arthroscopy - Journal of Arthroscopic and Related Surgery*. 2021 Sep 1;37(9):2860–9.
31. Kilgas MA, Lytle LLM, Drum SN, Elmer SJ. Exercise with Blood Flow Restriction to Improve Quadriceps Function Long after ACL Reconstruction. *Int J Sports Med*. 2019;40(10):650–6.
32. Takarada Y, Takazawa H, Ishii N. Applications of vascular occlusion diminish disuse atrophy of knee extensor muscles. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32(12):2035-2039.
33. Bemben MG, Mitcheltree KM, Larson RD, Ross D, Cavazos C, Friedlander B, Bemben DA. Can Blood Flow Restricted Exercise Improve Ham:Quad Ratios Better Than Traditional Training? *Int J Exerc Sci*. 2019;12(4):1080-1093.

34. Segal NA, Williams GN, Davis MC, Wallace RB, Mikesky AE. Efficacy of Blood Flow-Restricted, Low-Load Resistance Training in Women with Risk Factors for Symptomatic Knee Osteoarthritis. *PM and R*. 2015 Apr 1;7(4):376–84.
35. Alavi A, Rezaeian N, Ganji R, Ya'ghoubi A. Effect of blood flow restriction on serum levels of some factors of muscle atrophy in male elite athletes after anterior cruciate ligament reconstruction. *Vol. 8, J Bas Res Med Sci*. 2021.
36. Iversen E, Røstad V, Larmo A. Intermittent blood flow restriction does not reduce atrophy following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Sport Health Sci*. 2016 Mar 1;5(1):115–8.
37. Hughes L, Patterson SD, Haddad F, Rosenblatt B, Gissane C, McCarthy D, et al. Examination of the comfort and pain experienced with blood flow restriction training during post-surgery rehabilitation of anterior cruciate ligament reconstruction patients: A UK National Health Service trial. *Physical Therapy in Sport*. 2019 Sep 1;39:90–8.
38. 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 Jul 12;16(1).
39. 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 Sep 1;24(5):424–32.
40. 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. *American Journal of Sports Medicine*. 2020 Aug 1;48(10):2429–37.
41. 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 Biomedica*. 2021;92(6).
42. 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 Dec 1;25(1).
43. 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 Feb 27;41(5):514–22.

44. Ogrodzka-Ciechanowicz K, Głab G, Ślusarski J, Gądek A. Quadriceps Muscle Strength Recovery With the Use of High Tone Power Therapy After ACL Reconstruction: a Randomized Controlled Trial. *Research Square*. 2020 Oct 9.
45. 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.
46. 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.
47. 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 Apr 18;10(4).

9.ANNEXOS

Annex 1. Taula 6: Nivells d'evidència i Grau de recomanació SIGN.

NIVELLS D'EVIDÈNCIA	INTERPRETACIÓ
1++	Metaanàlisis d'alta qualitat, RS de EC o EC d'alta qualitat amb molt poc risc de biaix.
1+	Metaanàlisis ben realitzades, RS de EC o EC ben realitzats amb poc risc de biaixos
1-	Metaanàlisi, RS de EC o EC amb alt risc de biaixos
2++	RS d'alta qualitat d'estudis de cohorts o de casos i controls. Estudis de cohorts o de casos i controls amb baix risc de biaix i amb alta probabilitat d'establir una relació causal
2+	Estudis de cohorts o de casos i controls ben realitzats amb baix risc de biaix i amb una moderada probabilitat d'establir una relació causal
2-	Estudis de cohorts o de casos i controls amb alt risc de biaix i risc significatiu que la relació no sigui causal
3	Estudis no analítics, com a informes de casos i sèries de casos
4	Opinió d'experts
GRAU DE RECOMANACIÓ	INTERPRETACIÓ
A	Almenys un meta-anàlisi, RS o EC classificat com 1++ i directament aplicable a la població diana de la guia; o un volum d'evidència científica compost per estudis classificats com 1+ i amb gran consistència entre ells.
B	Volum d'evidència científica composta per estudis classificats com 2 ++, directament aplicable a la població blanc de la guia i que demostren gran consistència entre ells; o evidència científica extrapolada des d'estudis classificats com 1 ++ o 1+
C	Volum d'evidència científica composta per estudis classificats com 2 + directament aplicables a la població blanc de la guia i que demostren gran consistència entre ells; o evidència científica extrapolada des d'estudis classificats com 2 ++
D	Evidència científica de nivell 3 o 4; O evidència científica extrapolada des de estudis classificats com a 2+.