



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

Trabajo de fin de Carrera titulado:

EFFECTIVIDAD DEL FORTALECIMIENTO PRE QUIRÚRGICO DEL CUÁDRICEPS SOBRE LA RECUPERACIÓN FUNCIONAL POST QUIRÚRGICA EN DEPORTISTAS CON RUPTURA COMPLETA DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR.

Realizado por:

WILSON VICENTE GARCÍA FLORES

Director del proyecto:

ANDRÉS SEBASTIÁN LÓPEZ CIFUENTES

Como requisito para la obtención del título de:

LICENCIADO EN FISIOTERAPIA

QUITO, FEBRERO DEL 2026

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, WILSON VICENTE GARCÍA FLORES, ecuatoriano, con Cédula de ciudadanía N°. 1715499131 declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional, y se basa en las referencias bibliográficas descritas en este documento.

A través de esta declaración, cedo los derechos de propiedad intelectual a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y normativa institucional vigente.

WILSON VICENTE GARCÍA FLORES.

C.I.: 1715499131

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

ANDRÉS SEBASTIÁN LÓPEZ CIFUENTES.
Master TERAPIA MANUAL.

LOS PROFESORES INFORMANTES:

YADIRA VANESSA GORDON VINUEZA

JAVIER ORLANDO MONTALVO SANTOS

Después de revisar el trabajo presentado lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador.

MSc. YADIRA GORDON

MSc. JAVIER MONTALVO

Quito, 27 de febrero de 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

WILSON VICENTE GARCÍA FLORES.

C.I.: 1715499131

Artículo de tesis

EFFECTIVIDAD DEL FORTALECIMIENTO PRE QUIRÚRGICO DEL CUÁDRICEPS SOBRE LA RECUPERACIÓN FUNCIONAL POST QUIRÚRGICA EN DEPORTISTAS CON RUPTURA COMPLETA DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR.**Wilson Vicente García Flores**¹. **Andrés Sebastián López Cifuentes (Tutor)**².

1 Licenciatura en Fisioterapia, Fac Cs Salud, UISEK; wilson.garcia@uisek.edu.ec

2 Universidad Internacional SEK; andres.lopezci@uisek.edu.ec

* Autor de Correspondencia: wilson.garcia@uisek.edu.ec; Tel.: +593 0992582852

Resumen: Se propone analizar la efectividad de la fisioterapia preoperatoria para fortalecer el cuádriceps y optimizar la recuperación funcional posterior a una intervención quirúrgica en deportistas con rupturas completas del ligamento cruzado anterior, LCA. **Método:** Se consideraron ensayos clínicos controlados, estudios prospectivos aleatorizados y estudios de cohorte que incluyen población adulta entre 18 y 50 años. Los datos se compilaron de las bases de datos PubMed, PEDro y SCOPUS. La información se sintetizó en un modelo tipo (PRISMA) con artículos publicados entre 2015-2025, se incluyó la descripción de pruebas y escalas de medición de resultados por cada revisión. **Resultados:** De un total de 74 estudios, 2 estudios cumplieron con los criterios de inclusión. Las intervenciones se enfocan en el fortalecimiento muscular y control neuromuscular para alcanzar mejores resultados funcionales y retorno exitoso al deporte. Para evaluar la efectividad de los programas de fortalecimiento del cuádriceps se emplearon como herramientas: pruebas de fuerza muscular, cuestionarios de autoinforme y test de rendimiento físico. Se observa que la fisioterapia preoperatoria logra mejorar la fuerza del cuádriceps, la funcionalidad de la rodilla, el equilibrio funcional/postural y en general la recuperación posterior a la cirugía de pacientes con ruptura completa de LCA. **Conclusión:** Los datos derivados de la revisión sistemática confirman que el fortalecimiento del cuádriceps en la fisioterapia preoperatoria mejora de manera significativa la funcionalidad postquirúrgica en deportistas con ruptura completa del LCA y que este beneficio se potencia cuando se combina con programas de acondicionamiento muscular considerando tanto la fuerza como la flexibilidad del miembro inferior.

Palabras clave: LCA, ligamento cruzado anterior, funcionalidad, pre quirúrgico, post quirúrgico, fortalecimiento de cuádriceps.

Abstract: The aim of this review is to analyze the effectiveness of preoperative physical therapy to strengthen the quadriceps and optimize postoperative functional recovery in athletes with complete anterior cruciate ligament (ACL) ruptures. **Method:** Controlled clinical trials, prospective randomized controlled trials, and cohort studies involving adults aged 18–50 years were considered. Data were independently collected from PubMed, PEDro, and SCOPUS databases. Information was synthesized into a PRISMA model with articles published between 2015 and 2025. Descriptions of tests and outcome measurement scales were included for each review. **Results:** Of a total of 74 studies, two met the inclusion criteria. The interventions focused on muscle strengthening and neuromuscular control to achieve improved functional results and optimal sport reintegration. Muscle strength tests, self-report questionnaires, and physical performance tests were used to evaluate the effectiveness of quadriceps strengthening programs. Preoperative physical therapy was found to improve quadriceps strength, knee function, functional/postural balance, and overall postoperative recovery in patients with complete ACL tears. **Conclusion:** Data derived from the systematic review

confirm that quadriceps strengthening in preoperative physical therapy significantly improves postoperative function in athletes with complete ACL ruptures and that this benefit is enhanced when combined with muscle conditioning programs that address both lower limb strength and flexibility.

Keywords: ACL, anterior cruciate ligament, functionality, preoperative, postoperative, quadriceps strengthening.

1. Introducción

La estabilidad de la rodilla está sujeta a la interacción entre el ligamento cruzado anterior (LCA) y el ligamento cruzado posterior (LCP), los cuales regulan la actividad cinética de la tibia con respecto al fémur (Erickson et al., 2019). El LCA desempeña un papel fundamental en el equilibrio dinámico de la rodilla, ya que restringe el desplazamiento anterior de la tibia y favorece la ejecución de movimientos como aceleraciones, giros, saltos y desaceleraciones que son funciones esenciales en el rendimiento deportivo (Harput et al., 2019).

Las rupturas del ligamento cruzado anterior (LCA) presentan una incidencia anual estimada de 68,6 casos de ruptura de LCA por cada 100.000 habitantes (Carter et al., 2020) y ocurren frecuentemente durante maniobras como cambios bruscos de dirección y/o aterrizajes, con una mayor incidencia en deportistas jóvenes de disciplinas físicamente demandantes como rugby, esquí, fútbol o baloncesto (Erickson et al., 2019). Esta prevalencia resalta la necesidad de implementar medidas de prevención y protocolos de intervención temprana para evitar complicaciones (Reddy et al., 2020), considerando como principales factores de riesgo a la edad, sexo, índice de masa corporal y la técnica deportiva utilizada (Kohn et al., 2020).

Aunque existen estrategias de tratamiento tanto invasivas como no invasivas en casos de ruptura del LCA, la reconstrucción quirúrgica es la recomendación más común para atletas (Reddy et al., 2020). Para maximizar el éxito de la cirugía, es fundamental que los pacientes alcancen ciertos umbrales de fuerza preoperatoria, algunos programas sugieren lograr al menos el 90% de la fuerza del cuádriceps y los isquiotibiales en comparación con la pierna no lesionada. De hecho, Kohn et al. (2020) observaron que los pacientes con un índice de fuerza del cuádriceps inferior al 66% antes de la cirugía tenían menos probabilidades de reincorporarse al deporte.

Bajo esta premisa surge el fortalecimiento en prehabilitación como un modelo de intervención enfocado en el diseño de programas que buscan la recuperación de la fuerza del cuádriceps, la reducción de la inflamación y la resolución de impedimentos articulares previos a la cirugía. Sus objetivos funcionales incluyen la ausencia de hinchazón en la articulación, la recuperación de un rango de movimiento ROM simétrico (Li et al., 2023) y el control neuromuscular (Kyung Kim et al., 2015). Para lograrlo, se emplean ejercicios isométricos para la activación temprana (Li et al., 2023), progresando a contracciones concéntricas/excéntricas para desarrollar fuerza que se enfoca en actividades de la vida diaria (Tennent et al., 2017). Además, se da prioridad a los ejercicios en Cadena Cinética Cerrada (CCC), ya que son considerados más seguros y funcionales para la extremidad afectada. Otros programas específicos incluyen series de ejercicios como mini sentadillas y elevación de pierna recta (Reddy et al., 2020), que se complementan con cargas de peso inmediata y enfoque en rango de movimiento sin restricciones (Tennent et al., 2017). Finalmente, aunque no sea el enfoque principal, estos programas también integran factores psicológicos, preparando al paciente para el proceso quirúrgico y la rehabilitación posterior (Zduński et al., 2015).

El fortalecimiento en prehabilitación ha mostrado beneficios análogos en otras articulaciones mejorando el dolor y la función antes de la artroplastia total de cadera (ATC) (De Klerk et al., 2023) y en la rehabilitación escapular preoperatoria de lesiones traumáticas del manguito rotador con impactos positivos en los resultados de rango de movimiento y dolor, contribuyendo a una buena recuperación clínica de los pacientes, como lo demuestran los resultados de la revisión sistemática de De Almeida et al. (2021) en el análisis entre tres meses de intervención y un año de seguimiento centrándose en la activación de la musculatura periescapular. Una revisión sistemática más reciente, desarrollada por Punnoose et al. (2023) reportó la efectividad del fortalecimiento en prehabilitación donde se incluyeron ejercicios, manejo del dolor y terapias complementarias como la electroestimulación aplicada a intervenciones quirúrgicas ortopédicas en los que se incluye el reemplazo total de rodilla o cadera, la cirugía lumbar y la reparación artroscópica de lesión traumática del manguito rotador identificando ventajas en varias medidas de desempeño funcional.

Lo que justifica explorar su aplicación en rodilla sin anticipar resultados en esta población y a sabiendas de que una gran cantidad de pacientes por motivos no detallados no accede a programas de fortalecimiento en prehabilitación generando cuadros de debilidad del cuádriceps tras una lesión del LCA, dificultad para la recuperación a nivel funcional y la reincorporación al deporte (Sanders et al., 2016).

En vista de la necesidad de proporcionar una base concreta para la optimización de programas de fortalecimiento en prehabilitación, el objetivo de la presente investigación es estudiar la efectividad del fortalecimiento del cuádriceps en el contexto de la fisioterapia pre quirúrgica para mejorar el restablecimiento de la funcionalidad posterior a la reconstrucción del LCA en deportistas con rupturas completas con base en los resultados post – operatorios.

2. Materiales y Métodos

2.1. Criterios de elegibilidad.

Para la presente revisión sistemática se consideraron estudios publicados en inglés o español entre 2015 y 2025. Se seleccionaron ensayos clínicos aleatorizados (ECA), estudios de cohorte y estudios prospectivos aleatorizados que cumplan con los siguientes criterios de inclusión:

- Estudios que involucren deportistas que practiquen cualquier deporte sean amateur o de élite con ruptura completa del ligamento cruzado anterior (LCA) programados para cirugía confirmada mediante diagnóstico clínico o imagenológico.
- Estudios que involucren población adulta entre 18 y 50 años.
- La intervención principal deberá ser un programa de fortalecimiento muscular prequirúrgico específico del cuádriceps, con detalles claros sobre duración, frecuencia e intensidad comparado con otra intervención.
- Los estudios deberán incluir una evaluación objetiva postquirúrgica de recuperación medida con la escala funcional (KOOS) que evalúa la efectividad de los programas de fortalecimiento en prehabilitación y el impacto en la calidad de vida de los deportistas.

Se consideran como criterios de exclusión:

- Estudios que involucren pacientes menores de 18 años.
- Estudios que involucren pacientes con lesiones articulares combinadas no tratadas (meniscales, cartilaginosas), o que presenten lesiones de ligamentos colaterales (medial o lateral), fracturas, osteoartritis avanzada o cualquier patología articular preexistente en la rodilla incluidas lesiones parciales del LCA, afecciones del ligamento cruzado posterior (LCP) o enfermedades sistémicas que pudieran interferir con la recuperación funcional.
- Investigaciones que no describen de manera detallada el protocolo de fortalecimiento muscular prequirúrgico o que incluyen intervenciones no específicas del cuádriceps, o combinadas sin análisis independiente de esta variable.
- Estudios de tipo retrospectivo, revisiones, metaanálisis, protocolos de investigación o estudios de caso, cartas al editor, revisiones narrativas, artículos de opinión o estudios sin datos experimentales.

2.2. Extracción de datos.

La puntuación del estado general de rodilla se basa en el cuestionario KOOS (Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score), mediante 42 ítems el KOOS evalúa las consecuencias de las lesiones de rodilla a corto o largo plazo comparando la funcionalidad a través de cinco subescalas independientes: 1. Dolor. 2. Síntomas relacionados con la rigidez e hinchazón. 3. Función en la vida diaria (ADL que incluyen tareas como vestirse, bañarse y trasladarse). 4. Función en el deporte o recreación. 5. Impacto de la función de rodilla en la calidad de vida (Roos et al., 1998). El cuestionario es respondido por cada paciente sin intervención del profesional terapeuta, está delineado para valorar la perspectiva del entrevistado sobre el estado de su rodilla y se utiliza para monitorear los resultados antes vs. después de intervenciones quirúrgicas considerando que un cambio de 8 - 10 puntos entre grupos placebo y experimental se califica como un cambio mínimo importante (MCID, acrónimo de sus siglas en inglés *Minimal clinically important difference*) para considerar una mejora real (Collins & Mills, 2025). El KOOS promedio se obtiene como la media aritmética simple que incluye las cinco subescalas. Para términos de análisis en la presente revisión, las puntuaciones pueden interpretarse según el contexto de cada subescala utilizando los descriptores: "Sin dificultad" (87.5-100 puntos), "Dificultad leve" (62.5-87.5 puntos), "Dificultad moderada" (37.5-62.5 puntos) y "Dificultad grave" (<37.5 puntos) como indicadores de la efectividad de la intervención siendo 100 puntos su máximo (Collins & Mills, 2025).

2.3. Fuentes de información.

Se utilizaron como fuentes de información: MEDLINE, PEDro, PubMed, SCOPUS, Scielo y el motor de búsqueda Google Scholar.

Se utilizaron bases de datos como PubMed, PEDro y SCOPUS, manejando una miscelánea de términos MeSH y textos relacionados con la ruptura total del ligamento cruzado anterior.

La calidad metodológica de los estudios fue evaluada de forma independiente por un investigador utilizando la escala de Newcastle- Ottawa- Scale (NOS) que valida la calidad interna y el riesgo de sesgo con una confiabilidad interevaluador entre regular y buena (Mertz & Loeb, 2014). Se considera que un estudio posee alta calidad metodológica si muestra una puntuación $\geq$ a 6 puntos, con esta evaluación se garantiza la validez de las comparaciones y la fiabilidad de los hallazgos del estudio comparativo de cohortes (Mertz & Loeb, 2014). La calificación se realiza el autor en calidad de evaluador con énfasis en las similitudes y diferencias entre los grupos de tratamiento e intervenciones orientadas al fortalecimiento prequirúrgico del cuádriceps.

2.4. Extracción de información.

En la Tabla 1. Se detallan los términos de estrategia de búsqueda, así como las palabras clave y combinaciones usadas para identificar estudios de interés. Para cada base de datos: PubMed, PEDro y SCOPUS, se especifica el número de resultados obtenidos. La mayoría de resultados se obtuvieron de PubMed y SCOPUS.

Tabla 1. Estrategia de búsqueda.

Base de Datos	Estrategia de Búsqueda	Resultados
bmed	(((Anterior cruciate ligament[Title/Abstract]) OR (Anterior Cruciate Ligament Injuries[Title/Abstract]) OR (Anterior Cruciate Ligament Reconstruction[Title/Abstract]) OR (Knee Injuries[Title/Abstract]) OR (Athletic Injuries[Title/Abstract])) AND ((Quadriceps Muscle[Title/Abstract]) OR (Muscle Strength[Title/Abstract]) OR (Strength Training[Title/Abstract]) OR (Exercise Therapy[Title/Abstract]) OR (Preoperative Care[Title/Abstract]) OR (Prehabilitation[Title/Abstract])) AND ((Athletes) OR (Sports) OR (Athletic performance) OR (Athletic population)) AND ((Functional recovery) OR (Functional outcomes) OR (Return to sport) OR (Postoperative period) OR (Post-surgical rehabilitation) OR (Rehabilitation outcomes))))	46
PEDro	acl rupture AND strengthening of the quadriceps before knee injury AND strengthening of the quadriceps	0
SCOPUS	(TITLE-ABS-KEY ("Anterior cruciate ligament" OR "Anterior Cruciate Ligament Injuries" OR "Anterior Cruciate Ligament Reconstruction" OR "Knee Injuries" OR "Athletic Injuries") AND TITLE-ABS-KEY ("Quadriceps Muscle" OR "Muscle Strength" OR "Strength Training" OR "Exercise Therapy" OR "Preoperative Care" OR "Prehabilitation") AND ("Athletes" OR "Sports" OR "Athletic performance" OR "Athletic population") AND ("Functional recovery" OR "Functional outcomes" OR "Return to sport" OR "Postoperative period" OR "Post-surgical rehabilitation" OR "Rehabilitation outcomes")))	28

Fuente: Autor.

2.5. Calidad metodológica.

Para calificar los estudios de cohorte en base a su calidad metodológica se utilizó la Escala de Newcastle-Ottawa (NOS). La calificación más alta para estudios de cohorte de alta calidad es de 9 estrellas (★), se evalúan en tres subescalas: Selección, Comparabilidad y Desenlace (Resultado). Una vez que se evalúan los 8 ítems, se suma el número total de estrellas y se interpreta como: Alta calidad: 7-9 estrellas, Calidad moderada: 4-6 estrellas y Baja calidad: 0-3 estrellas.

Los dos artículos comparan un programa de fortalecimiento en prehabilitación estructurado (Cohortes NAR/DOC) con un grupo de control (Cohortes NKLR/MOON) y obtuvieron puntajes de 6-7 sobre 9 en la Escala NOS cómo se describe en la Tabla 2.

Tabla 2. Descripción de puntajes. Escala NOS para calidad metodológica.

Estudio		SELECCIÓN				COMPARABILIDAD	DESENLACE			Máx. 9★
		1. Representatividad de la cohorte expuesta	2. Selección de la cohorte no expuesta	3. Determinación de la exposición	4. Evidencia de que el desenlace no consta al inicio	5. Cotejo de cohortes	6. Evaluación del desenlace	7. Capacidad del seguimiento	8. Ajuste del seguimiento	PUNTUACIÓN TOTAL
1	(Grindem et al., 2015)	0★	1★	1★	1★	2★	0★	1★	1★	7★/9★
	(NAR vs NKLR)									
2	(Failla et al., 2016)	0★	0★	1★	1★	2★	0★	1★	1★	6★/9★
	(DOC vs MOON)									

Fuente: Autor.

Nota: Evaluación por ítems: Dominio: SELECCIÓN de las Cohortes (Máx. 4 Estrellas): En el dominio de Selección. El primer ítem, Representatividad de la cohorte expuesta, otorga 1 estrella si los pacientes expuestos son verdaderamente representativos de la población de interés (población general) y 0 estrellas si es una cohorte altamente seleccionada. El segundo, Selección de la cohorte no expuesta, da 1 estrella si el grupo de comparación se seleccionó de la misma comunidad/población o de un registro nacional/regional, y 0 estrellas si proviene de otra fuente o centro diferente. El tercer ítem, Determinación de la exposición, concede 1 estrella si la exposición se midió de forma confiable a través de un registro estructurado, entrevista de seguridad o historial clínico detallado, y 0 estrellas si se basa solo en un autoinforme general. Finalmente, el cuarto ítem, Evidencia de que el desenlace no consta al inicio, otorga 1 estrella si se verificó que los participantes estaban libres del desenlace al inicio del estudio mediante un examen o registro preoperatorio/basal, y 0 estrellas si no se menciona o no está claro.

Dominio: COMPARABILIDAD (Máx. 2 Estrellas): En la cotejo o comparabilidad de las cohortes se evalúa si el estudio controló los factores de confusión cruciales que podrían sesgar la relación observada entre la exposición y el desenlace, con una puntuación máxima de 2 estrellas. Este dominio consta de un solo ítem, el número 5, que pregunta si el estudio controla por factores de confusión relevantes en su diseño o análisis. El estudio recibe 1 estrella si se ajusta por un factor de confusión crítico. Se otorgan 2 estrellas si, además de ajustar por el factor crítico, el estudio también controla otros factores de confusión importantes mediante técnicas como la estratificación, la coincidencia o el análisis multivariado.

Dominio: DESENLACE (Máx. 3 Estrellas): Se enfoca en la evaluación del resultado, la duración y la completitud del seguimiento, con un máximo de 3 estrellas en estudios de cohorte. El ítem 6, Evaluación del desenlace, pregunta si el resultado fue evaluado de forma independiente y ciega, y otorga 1 estrella si el desenlace es un registro objetivo. Recibe 0 estrellas si el desenlace se basa en el autoinforme del paciente (escalas de calidad de vida o dolor) o si la evaluación no fue ciega. El ítem 7, Capacidad del seguimiento, evalúa si el seguimiento fue lo suficientemente largo para que el desenlace de interés ocurriera, y se le asigna 1 estrella si la duración del seguimiento se considera adecuada para el resultado que se está midiendo. De lo contrario, se le da 0 estrellas. Finalmente, el ítem 8, Ajuste del seguimiento, se centra en el seguimiento y la explicación de las pérdidas. Otorga 1 estrella si la tasa de pérdidas de seguimiento es baja (menor al 20%) o si las pérdidas se describen y se considera poco probable que introduzcan sesgo. Se califica con 0 estrellas si las pérdidas son significativas o si los pacientes que abandonaron el estudio tienen características diferentes a los que permanecieron.

3. Resultados

Posterior a la búsqueda electrónica se identificaron 74 estudios. Los detalles del proceso de selección de artículos se refieren en la Figura 1. conforme a la metodología PRISMA. En la fase de identificación se incluyeron 74 registros de bases de datos y se eliminaron 10 registros duplicados.

En el cribado de los 64 registros restantes, se seleccionaron 44 para una revisión completa del texto. Se descartaron 20 registros por incumplir con los requerimientos específicos de la búsqueda como: rango de edad poblacional y estudios donde el déficit funcional no puede atribuirse solo a la lesión del LCA. En la fase de inclusión, se evaluó la elegibilidad de los 44 estudios y se excluyeron 42 por las siguientes razones: 14 después de leer el texto completo por tratarse de literatura secundaria y estudios con menor jerarquía de evidencia, 6 por no describir con claridad los parámetros de duración, frecuencia, intensidad del programa de fortalecimiento en rehabilitación, 20 tras cotejar sus resúmenes con población de deportistas amateur o de élite y 2 tras considerar escalas de evaluación de funcionalidad de rodilla diferentes a KOSS.

Los dos artículos que cumplieron con los criterios de elegibilidad son parte de la presente revisión.

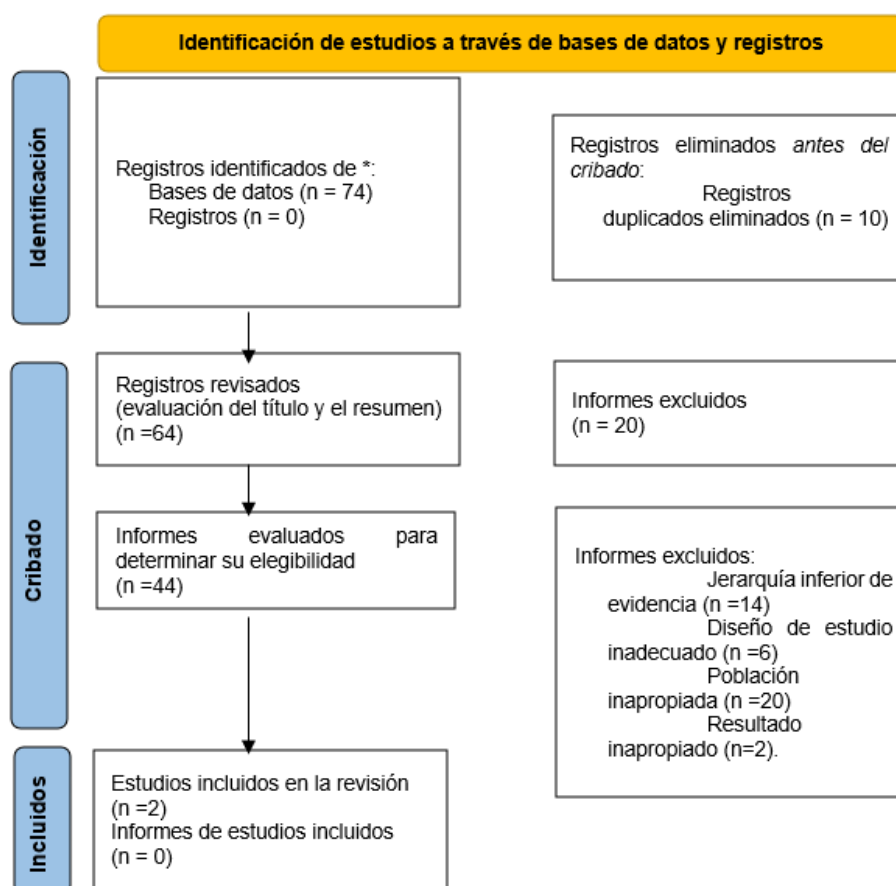


Figura 1. Diagrama PRISMA.

3.1. Características de los estudios

En la Tabla 3 se detalla la información de los estudios seleccionados en un formato estándar donde se registraron las características generales individuales por artículo: autor, año de publicación, país, estructura metodológica y tamaño muestral. Asimismo, se documentaron los criterios de inclusión y exclusión, a la par de las características demográficas de los individuos, a saber: edad, sexo y condiciones específicas relacionadas con el rompimiento total del ligamento cruzado anterior. En cuanto a las intervenciones, se detallaron los programas de fortalecimiento prequirúrgico del cuádriceps, especificando su duración, frecuencia, intensidad y tipo de ejercicios aplicados. El total combinado de participantes fue de 4961 participantes de los cuales 2774 se registraron para los estudios de (Grindem et al., 2015) y 2187 para los estudios de (Failla et al., 2016). A continuación, se describen las particularidades de los estudios:

- “Does Extended Preoperative Rehabilitation Influence Outcomes 2 Years After ACL Reconstruction? (Failla et al., 2016)”.
- “How does a combined preoperative and postoperative rehabilitation programme influence the outcome of ACL reconstruction 2 years after surgery? A comparison between patients in the Delaware-Oslo ACL Cohort and the Norwegian National Knee Ligament Registry (Grindem et al., 2015)”.

El artículo de Failla et al. (2016), comparó los efectos funcionales entre una cohorte internacional con fortalecimiento en la prehabilitación preoperatoria prolongada después de una rotura del LCA denominada Cohorte de LCA Delaware-Oslo (DOC) tratada con entrenamiento neuromuscular y una cohorte sin esta intervención de la Red Multicéntrica de Resultados Ortopédicos (MOON). El fortalecimiento en prehabilitación preoperatoria en la cohorte DOC se centró en ejercicios de Rango de Movimiento - ROM, que incluyeron para la extensión: extensión de carga baja y duración larga en el transcurso de 5 minutos con soporte de talón o suspensión en decúbito prono, buscando minimizar la co-contracción y la respuesta nociceptiva; y para la flexión: técnicas de deslizamiento de pared y talón, flexión asistida de rodilla en asiento y balanceo en bicicleta. También se realizó movilización rotuliana, inicialmente de tipo medial y lateral, seguida de superior e inferior, con monitoreo de ROM y

derrame. Para la fuerza muscular y activación se implementaron series de cuádriceps con énfasis en la activación del vasto lateral y medial, escalada lateral con énfasis en la no desconexión, sentadillas de un cuarto con ambas piernas, extensión terminal de rodilla con resistencia, series y flexiones de isquiotibiales, y finalmente, aducción/abducción de cadera en decúbito lateral (Failla et al., 2016).

Con respecto al estudio de Grindem et al. (2015), se analizó una cohorte con fortalecimiento en rehabilitación progresiva en estado pre y postoperatorio en una clínica especializada en medicina deportiva que se denominó cohorte del Centro Noruego de Investigación para la Rehabilitación Activa (NAR) comparada con un grupo de atención habitual con pacientes del Registro Nacional Noruego de Ligamentos de Rodilla (NKLRL). El fortalecimiento consistió en un programa de 5 semanas de entrenamiento de fuerza, pliométricos y neuromusculares, que comenzó tan pronto como se resolvieron los déficits de derrame articular y rango de movimiento (ROM) 60,4 días promedio después de la lesión. El programa incluyó una Guía de Estimulación Eléctrica Neuromuscular (EENM) que establecía la colocación de electrodos sobre el cuádriceps lateral proximal y el cuádriceps medial distal, indicando la modificación de la ubicación distal para evitar cubrir el portal artroscópico superomedial (VMO) hasta la retirada de los puntos y la cicatrización completa de la piel. Los parámetros de estimulación fueron: 2500 Hz, 75 ráfagas, rampa de 2 segundos, 12 segundos de actividad y 50 segundos de reposo. La intensidad debía ser la máxima tolerable, al menos el 50% de la Contracción Isométrica Voluntaria Máxima o CIMV, con 10 contracciones por sesión y un régimen de 3 sesiones por semana, manteniendo la estimulación isométrica a 60°, dependiendo del sitio del injerto, hasta que la CIMV de la fuerza del cuádriceps alcanzará el 80% de la normalidad. Finalmente, los objetivos preoperatorios que debían cumplirse eran: lograr un ROM de extensión completa de la rodilla, presentar derrame nulo o mínimo, y no mostrar retraso al estiramiento de rodilla con el test de elevación de pierna recta (SLR) (Grindem et al., 2015).

La información fue extraída directamente del texto completo de cada estudio y organizada en las Tablas 3 y 4, analizando la precisión y calidad de los datos. En los casos donde ciertos datos no estaban claramente reportados, se realizó un análisis minucioso de tablas, figuras y anexos disponibles.

La Tabla 3 describe las características de los programas de rehabilitación, a saber: país, diseño del estudio, tamaño de la muestra, características de la población, tipo de intervención, características del seguimiento entre otros.

Tabla 3. Características de los artículos.

Autor(es), Año	País	Diseño del estudio	Tamaño de la muestra (n)	Características de la población	Intervención	Comparación o control	Duración del seguimiento	Instrumentos de medición
(Failla et al., 2016)	Cohorte de Delaware (EE. UU.) y Cohorte de Oslo (Noruega)	Estudio de cohorte comparativo.	2187 (192 en la cohorte de Delaware-Oslo y 1995 en la cohorte MOON)	Grupo placebo: Cohorte MOON (Multicenter Orthopaedic Outcomes Network) País/Entorno: Estados Unidos. Datos de 7 centros de ortopedia/medicina deportiva. Tipo de deportista: Atletas activos. Esta clasificación incluye deportes que requieren saltos, pivoteo, y demandas funcionales importantes por más de 50 horas/año. n: 1995. Edad: Media de 24.3 ±10 años Sexo: 54% varones. Inclusión: Reconstrucción primaria unilateral del LCA. Exclusión: Lesión de ligamento concomitante de grado 3, lesión de cartilago grande.	ROM Extensión: Estiramiento de baja carga y larga duración (5 minutos) (apoyo de talón, suspensión en decúbito prono, disminuyendo la co - contracción y respuesta nociceptiva). Flexión: Deslizamiento de pared y talón, flexión de rodilla con soporte en asiento, bicicleta: balanceo para rango de movimiento.	Pacientes que recibieron atención habitual sin un programa de rehabilitación preoperatoria extendida.	2 años	Escala KOOS. Cuestionario para evaluación de resultados de lesión de rodilla y osteoartritis.
				Grupo de experimental: Cohorte DOC (Delaware-Oslo ACL Cohort) País/Entorno: Internacional/Binacional: University of Delaware (EE. UU.) y Norwegian Research Center for Active Rehabilitation (Noruega). Tipo de deportista: Atletas activos (Nivel 1 o 2. Esta clasificación incluye deportes que requieren saltos, pivoteo, y demandas funcionales importantes por más de 50 horas/año).	FUERZA MUSCULAR Y ACTIVACIÓN. Series de cuádriceps priorizando activación del vasto lateral y medial. Escalada lateral con énfasis en la no desconexión. Sentadillas de un cuarto con ambas piernas. Extensión terminal de rodilla con resistencia. Series de flexiones de isquiotibiales.			

				n: 192 pacientes que se sometieron a ACLR. Edad: Media de 24.7 ± 10 años Sexo: 55% varones Inclusión: Ruptura primaria unilateral del LCA dentro de los 7 meses de la inscripción. Requisito de resolución de la limitación funcional (poca o ninguna hinchazón/dolor, ROM completa, índice de fuerza del cuádriceps 70%) antes de la ACLR. Exclusión: Lesión de ligamento concomitante de grado 3, lesión de cartílago articular de espesor total >1 cm², rotura meniscal sintomática o potencialmente reparable (en la presentación inicial) ³⁸, o lesión/cirugía previa en la rodilla no lesionada. Recibió fortalecimiento en prehabilitación preoperatoria extendida con entrenamiento neuromuscular.	Aducción/abducción en decúbito lateral de cadera.			
(Grindem et al., 2015)	Noruega	Estudio de cohorte comparativo	2774 (84 en la cohorte NAR y 2690 en la cohorte NKLR).	Grupo de control: Cohorte NKLR (Norwegian Knee Ligament Registry) País/Entorno: Noruega. Tipo de deportista: No se especifica un tipo de deportista uniforme, ya que es un registro nacional. La actividad de la lesión se clasificó como “durante el deporte”. n: 2690 pacientes. Edad: Media de 24.9 ±7.9 años. (para la comparación con NAR). Sexo: Hombres: 1362. Mujeres: 1328.	Programa de 5 semanas de fortalecimiento en prehabilitación: entrenamiento de resistencia intenso, ejercicios pliométricos y neuromusculares que comenzó tan pronto como se resolvieron los déficits de derrame articular y rango de movimiento (ROM) (media de 60,4 días después de la lesión).	Pacientes del Registro Nacional de Ligamentos de Rodilla de Noruega (NKLR) que recibieron la atención habitual.	2 años.	Escala KOOS. Cuestionario para evaluación de resultados de lesión de rodilla y osteoartritis.

Inclusión: Reconstrucción primaria unilateral del LCA (ACLR).

Exclusión: Criterios análogos a la cohorte NAR para asegurar la comparabilidad (excluyendo cirugías concomitantes, lesiones de ligamentos cruzados previos o adicionales.). También se excluyeron pacientes con datos faltantes (3079 pacientes).

Grupo experimental:
Norwegian Research Center for Active Rehabilitation (NAR).

País/Entorno: Noruega. Pacientes de cirugía realizada en 7 hospitales diferentes.

Tipo de deportista: Pacientes deportistas jóvenes con intervención reconstructiva unilateral primaria del LCA en los últimos 3 meses y participaban en deportes de pivote al menos dos veces por semana.

n: 84 pacientes.

Edad: Media de 25.3 ± 7.2 años.

Sexo: Hombres: 39. Mujeres: 45.

Inclusión: Reconstrucción primaria unilateral del LCA (ACLR).

Exclusión: Lesiones bilaterales, lesión previa en cualquiera de las rodillas, lesión de ligamento de grado III, fractura o lesiones de cartílago articular de espesor total. Se excluyeron pacientes con cirugías concomitantes de cartílago o ligamento (PCL, LCL), o intervenciones quirúrgicas previas en la rodilla.

Nota: En la sección de variables medidas (Outcomes) se describen todas las escalas y medidas objetivas / subjetivas empleadas para evaluar la efectividad del protocolo de intervención, sin embargo, para la presente revisión sistemática se consideran como relevantes únicamente las comparaciones con escalas KOOS detalladas en la sección 2.1.

Fuente: Autor. Adaptado de (Failla et al., 2016; Grindem et al., 2015)

En la Tabla 4 se describen las pruebas y escalas de medición de resultados preoperatorios y dos años después de la intervención para cada cohorte y sintetizados por cada intervención, las puntuaciones son de subescalas del KOOS.

Tabla 4. Descripción de resultados de KOOS por cada artículo y subescala.

Estudios	Subescala del KOOS	GRUPO EXPERIMENTAL		GRUPO PLACEBO	
		Preoperatorias	Dos años post intervención	Preoperatorias	Dos años post intervención
1. (Failla et al., 2016) 2. (Grindem et al., 2015)		Puntuación Promedio (± Desviación Estándar)	Puntuación Promedio (± Desviación Estándar)	Puntuación Promedio (± Desviación Estándar)	Puntuación Promedio (± Desviación Estándar)
1	Síntomas	75 ± 14.0	89 ± 12.0.	67 ± 18.0	72 ± 32.0.
2		82.6 ± 12.9	89.2 ± 11.9	73.6 ± 17.3	77.4 ± 18.0
1	Dolor	84 ± 11.0	94 ± 10.0.	73 ± 17.0	78 ± 33.0.
2		87.0 ± 10.7	93.5 ± 10.3	75.9 ± 16.8	86.0 ± 15.1
1	Actividades de la vida diaria	93 ± 7.0	98 ± 5.0	82 ± 17.0	82 ± 34.0
2		94.7 ± 10.1	98.0 ± 5.6	85.1 ± 16.3	92.5 ± 12.8
1	Calidad de Vida	51 ± 19.0	76 ± 20.0	37 ± 20.0	64 ± 32.0
2		49.6 ± 10.7	82.3 ± 19.1	36.0 ± 18.1	64.6 ± 26.6
1	Deportes / recreación	66 ± 19.0	85 ± 18.0	48 ± 29.0	70 ± 33.0.
2		69.4 ± 21.4	90.0 ± 14.1	45.2 (± 26.6)	72.3 ± 28.5

Fuente: Autor.

Tabla 5. Promedios generales de KOSS de artículos incluidos en la revisión.

Subescala del KOOS	GRUPO EXPERIMENTAL		GRUPO PLACEBO	
	Preoperatorias	Dos años post intervención	Preoperatorias	Dos años post intervención
	Puntaje promedio	Puntaje promedio	Puntaje promedio	Puntaje promedio

1. (Failla et al., 2016)				
Síntomas	75	89	67	72
Dolor	84	94	73	78
Actividades de la vida diaria.	93	98	82	82
Calidad de Vida	51	76	37	64
Deportes / recreación	66	85	48	70
KOOS promedio	73.80	88.40	61.40	73.20
DIFERENCIA	14.60		11.80	
2. (Grindem et al., 2015)				
Síntomas	82.6	89.2	73.6	77.4
Dolor	87.0	93.5	75.9	86.0
Actividades de la vida diaria.	94.7	98.0	85.1	92.5
Calidad de Vida	49.6	82.3	36.0	64.6
Deportes / recreación	69.4	90.0	45.2	72.3
KOOS promedio	76.66	90.60	63.16	78.56
DIFERENCIA	13.94		15.40	

Fuente: Autor.

3.2. Descripción por subescalas.

En la subescala de **síntomas**, por un lado, en el artículo de Failla et al. (2016) se observa que el grupo experimental mostró inicialmente un puntaje de 75 puntos en el período preoperatorio que escaló a 89 puntos, una diferencia que es clínicamente significativa (MCID=14). Por su parte, el grupo placebo mostró una variación de 67 a 72, una diferencia que no es clínicamente significativa (MCID=5). Se debe considerar que el grupo experimental inicia su puntuación promedio preoperatoria en 75 puntos mientras que el grupo placebo en 67 puntos. El grupo experimental mejoró a 89 y el grupo placebo mejoró a 72. En consecuencia, el grupo experimental mejoró 14 puntos mientras que el grupo placebo mejoró 5 puntos por lo que la diferencia de grupos es de 9 puntos en beneficio del grupo experimental. Por otro lado, el artículo de Grindem et al. (2015), describe un aumento en el grupo experimental del puntaje de 82.6 a 89.2 puntos (MCID=6.6). En el grupo placebo, las puntuaciones aumentaron de 73.6 a 77.4 puntos (MCID=3.8), las diferencias no son clínicamente significativas para ningún grupo. En este caso particular el grupo experimental inicia su puntuación promedio preoperatoria en 82.6 puntos mientras que para el grupo placebo es 73.6 puntos. El conjunto experimental mejoró a 89.2 y el grupo placebo mejoró a 77.4. En consecuencia, el grupo experimental mejoró 6.6 puntos mientras que el grupo placebo mejoró en 3.8 puntos por lo que la diferencia de grupos es de 2.8 puntos favorables para el grupo experimental.

En la subescala de **dolor**, por un lado, en el artículo de Failla et al. (2016), el conjunto experimental presentó un aumento clínicamente significativo de la ponderación de 84 a 94 puntos (MCID=10). Por su parte, el grupo placebo mostró una variación no significativa de 73 a 78 puntos (MCID=5). En este caso el grupo experimental inicia su puntuación promedio preoperatoria en 84 puntos mientras que el grupo placebo en 73 puntos. El grupo experimental mejoró a 94 y el grupo placebo mejoró a 78. En consecuencia, el grupo experimental mejoró 10 puntos mientras que el grupo placebo mejoró 5 puntos por lo que la diferencia de grupos es de 5 puntos favorables para el grupo experimental. Por otro lado, en el artículo de Grindem et al. (2015), el grupo experimental presentó un incremento de 87.0 a 93.5 puntos (MCID=6.5), esta diferencia no es clínicamente significativa. Por otro lado, en el grupo placebo el aumento de puntaje es de 75.9 a 86.0, una diferencia que es clínicamente significativa (MCID=10.1). En este caso el grupo experimental inicia su puntuación promedio preoperatoria en 87.0 puntos mientras que el grupo placebo en 75.9 puntos. El grupo experimental mejoró a 93.5 y el grupo placebo mejoró a 86.0. En consecuencia, el grupo experimental mejoró 6.5 puntos mientras que el conjunto placebo mejoró en 10.1 puntos por lo que la diferencia de grupos es de 3.6 puntos a favor del grupo placebo.

Respecto a la subescala de **actividades de la vida diaria**, por un lado, en el artículo de Failla et al. (2016), el grupo de intervención evidenció un cambio de 93 a 98 puntos, la menor diferencia de puntaje observada entre las subescalas (MCID=5). En el grupo placebo, las puntuaciones se mantuvieron en 82 puntos tanto en la evaluación preoperatoria como en el seguimiento a dos años post intervención. En este caso el grupo experimental inicia su puntuación promedio preoperatoria en 93 puntos mientras que el grupo placebo en 82 puntos. El grupo experimental mejoró a 98 y el grupo placebo conservó el puntaje de 82. En consecuencia, el grupo experimental mejoró 5 puntos, el grupo placebo no mejoró y, en consecuencia, la diferencia de grupos es de 5 puntos con superioridad para el conjunto experimental. Por otro lado, en el artículo de Grindem et al. (2015), el grupo experimental aumentó su calificación de 94.7 a 98.0 puntos (MCID=3.3). El grupo placebo también mostró una mejora, pasando de 85.1 a 92.5 puntos (MCID=7.4), ninguna de las diferencias es significativa. En este caso el grupo experimental inicia su puntuación promedio preoperatoria en 94.7 puntos mientras que el grupo placebo en 85.1 puntos. El grupo experimental mejoró a 98 y el grupo placebo mejoró a 92.5. En consecuencia, el grupo experimental mejoró 3.3 puntos mientras que el grupo placebo mejoró en 7.4 puntos por lo que la diferencia de grupos es de 4.1 puntos a favor del grupo placebo.

En la subescala de **calidad de vida**, por un lado, el grupo experimental reportado en el estudio de Failla et al. (2016), mostró un incremento de 51 a 76 puntos (MCID=25). En el grupo placebo, la puntuación aumentó de 37 a 64 puntos (MCID=27), diferencias clínicamente significativas para ambos grupos. En este caso el grupo experimental inicia su puntuación promedio preoperatoria en 51 puntos mientras que el grupo placebo en 37 puntos. El grupo experimental mejoró a 76 y el grupo placebo mejoró a 64. En consecuencia, el grupo experimental mejoró 25 puntos mientras que el grupo placebo mejoró en 27 puntos, por lo que la diferencia de grupos es de 2 puntos a favor del grupo placebo. Por otro lado, en el artículo de Grindem et al. (2015), el conjunto experimental evidenció un incremento marcado de 49.6 a 82.3 puntos (MCID= 32). De forma similar, el grupo placebo mostró una mejoría de 36.0 a 64.6 puntos (MCID=28.60), para ambos casos las mejoras son clínicamente significativas. En este caso el grupo experimental inicia su puntuación promedio preoperatoria en 49.6 puntos mientras que el grupo placebo en 36.0 puntos. El grupo experimental mejoró a 82.3 y el grupo placebo mejoró a 64.6. En consecuencia, el grupo experimental mejoró 32 puntos mientras que el grupo placebo mejoró en 28.6 puntos por lo que la diferencia de grupos es de 3.4 puntos, una tendencia favorable para el grupo experimental.

En cuanto a la subescala de **deportes y recreación**, por un lado, el grupo experimental del artículo de Failla et al. (2016), presentó un aumento de la puntuación de 66 a 85 puntos (MCID=19). De manera similar, el grupo placebo mostró una mejoría de 48 a 70 puntos (MCID=22) las diferencias con clínicamente significativas para ambos grupos. En este caso el grupo experimental inicia su puntuación promedio preoperatoria en 66 puntos mientras que el grupo placebo en 48 puntos. El grupo

experimental mejoró a 85 y el grupo placebo mejoró a 70. En consecuencia, el grupo experimental mejoró 19 puntos mientras que el grupo placebo mejoró en 22 puntos, por lo que la diferencia de grupos es de 3 puntos a favor del grupo placebo. el grupo experimental presentó un aumento de 69.4 a 90.0 puntos (MCID=20.60), mientras que el grupo placebo pasó de 45.2 a 72.3 puntos (MCID=27.1). Las mejoras para ambos son clínicamente significativas. Por otro lado, en el artículo de Grindem et al. (2015), el grupo experimental inicia su puntaje promedio preoperatorio en 69.4 puntos mientras que el grupo placebo en 45.2 puntos. El grupo experimental mejoró a 90.0 y el grupo placebo mejoró a 72.3. En consecuencia, el grupo experimental mejoró 20.6 puntos mientras que el grupo placebo mejoró en 27.1 puntos por lo que la diferencia de grupos es de 6.5 puntos a favor del grupo placebo.

Finalmente, al analizar el KOOS promedio del artículo de Failla et al. (2016), el grupo experimental mostró un incremento de 73.80 a 88.40 puntos, lo que corresponde a una diferencia total de 14.60 puntos. En el grupo placebo, el KOOS promedio aumentó de 61.40 a 73.20 puntos, con una diferencia de 11.80 puntos. Se debe considerar que el grupo experimental inicia su puntuación promedio preoperatoria en 73.80 puntos mientras que el grupo placebo en 61.40 puntos. El grupo experimental mejoró a 88.40 y el grupo placebo mejoró a 73.20. En consecuencia, el grupo experimental mejoró 14.60 puntos mientras que el grupo placebo mejoró 11.80 puntos por lo que la diferencia de grupos es de 2.80 puntos a favor del grupo experimental. En cambio, para Grindem et al. (2015), el análisis del KOOS promedio mostró que el grupo experimental extendió su calificación de 76.66 a 90.60 puntos, con una diferencia total de 13.94 puntos. En el grupo placebo, el KOOS promedio aumentó de 63.16 a 78.56 puntos, con un diferencial de 15.40 puntos. Se debe considerar que el grupo experimental inicia su puntuación promedio preoperatoria en 76.66 puntos mientras que el grupo placebo en 63.16 puntos. El grupo experimental mejoró a 90.60 y el grupo placebo mejoró a 78.56. En consecuencia, el grupo experimental mejoró 13.94 puntos mientras que el grupo placebo mejoró 15.40 puntos por lo que la diferencia de grupos es de 1.46 puntos a favor del grupo experimental.

4. Discusión

Este estudio analizó la efectividad del fortalecimiento del cuádriceps en el contexto de la fisioterapia pre quirúrgica para mejorar la recuperación funcional a posteriori de la reconstrucción del LCA en deportistas con rupturas completas con base en los resultados post – operatorios. Los dos artículos coincidieron en que la inclusión del fortalecimiento en prehabilitación es importante en la rehabilitación de pacientes, lo cual se evidencia con cambios significativos en los puntajes de la escala KOOS que incluso favorecen la categorización del estado funcional de la rodilla, confirmando mejoras clínicamente importantes según el MCID en ambos grupos experimentales.

En cuestiones de dolor y síntomas en los dos artículos analizados en el presente estudio, encontramos una diferencia favorable para el grupo experimental, esto se podría explicar por la efectividad de la implementación de los ejercicios de restauración de la movilidad, activación neuromuscular y de fortalecimiento mecánico efectuados en los dos estudios analizados, como ejercicios de resistencia y pliometría aplicados en esta etapa. Este programa guarda similitud con una serie de ejercicios de fortalecimiento de la parte inferior del cuerpo, descritos en el artículo de Kyung Kim et al. (2015) con los mismos resultados de reducción de molestias en ese tipo de pacientes. Además, se ha visto en el estudio de Shen et al. (2025) que este tipo de ejercicios de resistencia tiene la capacidad de mejorar la sensibilidad al dolor, concluyendo que el abordaje preoperatorio es crucial para mitigar las molestias del postoperatorio y mejorar la calidad de vida; lo que explica porque el grupo experimental tuvo mejores resultados.

Respecto a la subescala de actividades de la vida diaria, ambos estudios muestran puntuaciones altas incluso desde el período preoperatorio, esto se explica por la recuperación temprana de las funciones básicas, mientras que las limitaciones se observan con mayor frecuencia en actividades de mayor demanda funcional. Se debe mencionar el papel del incremento de la fuerza vinculados a esta escala, los objetivos de fuerza pueden sustentarse desde el punto de vista fisiológico con los hallazgos de (Eitzen et al., 2009), quienes identifican que un déficit de fuerza preoperatorio superior al 20%, es decir, no alcanzar el 80% de simetría, está correlacionado estadísticamente con la función deficiente postcirugía. Biológicamente, la falla en la activación muscular está ligada a una función anormal del bucle gamma, lo que limita el funcionamiento adecuado de unidades motoras. Además, la lesión del LCA altera la descarga de los mecanorreceptores, lo que genera un aumento de la actividad de las interneuronas inhibitorias en la médula espinal que disipan la capacidad contráctil del cuádriceps (Carter et al. 2020). Por ello se busca integrar entrenamiento de perturbación y fuerza, que actúa sobre la plasticidad del sistema nervioso central, lo que explica el por qué, incluso con programas de corta duración de 3 a 6 semanas, se observan mejoras relevantes en torno a la fuerza del cuádriceps (Giesche Florian et al., 2020). A nivel molecular, se ha encontrado que el área transversal muscular es mayor en pacientes con fortalecimiento en prehabilitación, lo cual se asocia a una disminución significativa del gen MuRF-1, que contribuye directamente a la atrofia muscular. Esta preservación de la capacidad neuromuscular y fuerza muscular se extiende no solo al cuádriceps, sino también a los isquiotibiales y glúteos, contribuyendo al incremento de la actividad del músculo de las extremidades inferiores (Aryana et al., 2024).

La subescala de calidad de vida mostró una de las diferencias más altas, con puntajes que mejoran en ambos estudios en el grupo experimental. En este resultado se integran además de los aspectos físicos, las percepciones subjetivas de confianza, seguridad y satisfacción con el desempeño funcional de la rodilla (Tennent et al., 2017). Las mayores ganancias observadas en el grupo experimental podrían indicar que la intervención no solo mejora parámetros funcionales objetivos, sino también la percepción del estado de salud del paciente. Esta preparación mental puede relacionarse con el por qué los grupos de intervención reportan puntuaciones superiores en las escalas KOOS y calidad de vida desde etapas basales; ya que según (Tennent et al., 2017), el ejercicio preoperatorio actúa atenuando las barreras psicológicas que suelen persistir meses después de la cirugía. Para complementar esta idea, Keays et al. (2010), refieren que la superioridad funcional observada en grupos experimentales es el resultado de un sistema neuromuscular y cognitivo que llega al quirófano con una mayor capacidad de resiliencia, lo que facilita no sólo una recuperación física más rápida, sino una mejor disposición psicológica de los pacientes (D'Ambrosi et al., 2025). Al mismo tiempo, el paciente ya se familiariza con los protocolos de rehabilitación y los umbrales de esfuerzo necesarios tras la reconstrucción, esto disminuye la ansiedad por procesos de recuperación y permite que los procesos de seguimiento sean más conscientes (Alshewaiher et al., 2017).

En la subescala de deportes y recreación, se observó una mejora marcada en ambos grupos, con incrementos más notorios y valores finales más elevados en el grupo experimental. Esta dimensión suele considerarse una de las más exigentes del KOOS, ya que refleja la capacidad para realizar actividades de alta demanda mecánica y neuromuscular (Erickson et al., 2019) y (Li et al., 2023). Respecto a las tasas de retorno al deporte, se debe mencionar que al recuperar la fuerza muscular y la estabilidad mecánica no está garantizado el éxito en la reintegración deportiva, por lo que se debe incluir una perspectiva biopsicosocial (Reddy et al., 2020). Aunque la mayoría de los pacientes alcanzan niveles óptimos de función física tras la reconstrucción del LCA, como lo explica Arden et al. (2014), solo el 55% logra retornar al nivel competitivo previo, en este sentido, el fortalecimiento de la prehabilitación es clave para reducir el “miedo al movimiento”, permitiendo que el deportista desarrolle una mayor confianza en su rodilla. En esta línea, las conclusiones de Li et al. (2023) respaldan la activación y el reclutamiento de fibras musculares, que deriva en la síntesis de proteínas musculares. Esta explicación biológica defiende el papel que juega el fortalecimiento en la prehabilitación a corto plazo, ya que Tennent et al. (2017), también refirió que el aumento de fuerza de extensión de la rodilla mejora hasta dos veces en comparación con el conjunto de control (74.59% vs 33.5%) y que el aumento de puntajes de la escala KOOS es de 1.5 a 2 veces mayor que el grupo control. Si bien el análisis de los resultados se ha referido a periodos de evaluación a 2 años, tanto en estudios de temporalidad similar de Erickson et al. (2019) como a mediano plazo (3 meses) en el caso de Tennent et al. (2017) y Zduński et al. (2015) se reconoce que los déficits de fuerza del cuádriceps a menudo persisten después de la cirugía, por lo que se defiende el uso de un programa de fortalecimiento, entrenamiento muscular y bioestimulación preoperatoria.

Ambos estudios evidencian mejoras en todas las subescalas del KOOS tanto en el grupo experimental como en el grupo placebo a los dos años de seguimiento. Sin embargo, el grupo experimental alcanzó puntuaciones finales más altas en la mayoría de las subescalas, las diferencias de puntaje son mayores en las escalas calidad de vida y en deportes y recreación. El fortalecimiento en prehabilitación es importante porque, como señalan (Srinivasalu et al., 2022), la fuerza y activación pre quirúrgicas son los predictores directos de la capacidad de activación muscular postoperatoria, considerando también la gravedad de la lesión. El retraso en la cirugía extiende el periodo de inestabilidad funcional, lo cual se relaciona con un aumento en la incidencia de lesiones de menisco, del 41-77% en fase aguda al 73-98% en fase crónica. Esto refuerza la necesidad de programas de fisioterapia preoperatoria que optimicen la estabilidad dinámica mientras se espera la intervención (Keays et al., 2010).

Como limitaciones en el presente estudio se puede mencionar que los estudios fueron escasos y que para los estudios de (Grindem et al., 2015) los puntajes de KOOS preoperatorios del grupo experimental (NAR) fueron superiores en comparación con el grupo placebo (NKLR), lo que apunta a un estado basal menos comprometido en el grupo de intervención lo que puede reflejarse en un posible sesgo de heterogeneidad al atribuirse la diferencia a las características de los ensayos. Además, se tienen diferencias en el número de la población entre los grupos placebo y experimental. Respecto al protocolo del fortalecimiento en prehabilitación no es factible determinar con precisión la intensidad, frecuencia o tipo de ejercicios realizados por dichos pacientes antes de la cirugía. Por último, se debe considerar que los resultados reportados en las subescalas del KOOS provienen de información obtenida directamente del paciente que puede presentar una percepción subjetiva.

5. Conclusión

El fortalecimiento prequirúrgico del cuádriceps es una estrategia efectiva para mejorar el desempeño funcional y acelerar la recuperación en pacientes deportistas con ruptura de LCA. La evidencia sugiere que agregar un programa de fortalecimiento en etapas prequirúrgicas ayuda a mitigar la merma de fuerza muscular, mejora el rango de movimiento en las fases tempranas y se asocia con mejores puntuaciones funcionales, a pesar de que en algunos casos la diferencia entre estas puntuaciones no sea estadísticamente significativa, se entiende que el tamaño del efecto por promedio e individuo es considerable.

Si bien los estudios de cohorte analizados son limitados, es recomendable acompañar el presente estudio con proyectos de seguimiento funcional a largo plazo y muestras específicas de población de deportistas para confirmar el impacto específico del fortalecimiento prequirúrgico en el retorno funcional y deportivo tras una ruptura del LCA.

Contribución de los Autores: Conceptualización, W.G. y A.L.; metodología, W.G.; validación, W.G.; análisis formal, W.G. y A.L.; escritura—preparación del borrador, W.G.; escritura—revisión y edición, W.G.; visualización final, A.L.; supervisión, A.L.; administración y gestión de proyecto, W.G.
Todos los autores han leído y están de acuerdo con la versión final del manuscrito.

Financiamiento/Fondos: Esta investigación no recibió financiación externa.

Agradecimientos: A los revisores y personal académico que ha contribuido a mejorar la calidad metodológica de esta investigación.

Conflictos de Interés: Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Referencias citadas

- Alshewaiher, S., Yeowell, G., & Fatoye, F. (2017). The effectiveness of pre-operative exercise physiotherapy rehabilitation on the outcomes of treatment following anterior cruciate ligament injury: a systematic review. *Clinical Rehabilitation*, 31, 34-44. <https://doi.org/10.1177/0269215516628617>
- Ardern, C. L., Taylor, N. F., Feller, J. A., & Webster, K. E. (2014). Fifty-five per cent return to competitive sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: An updated systematic review and meta-analysis including aspects of physical functioning and contextual factors. *British Journal of Sports Medicine*, 48(21), 1543-1552. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093398>
- Aryana, W., Febyan, F., Dimitri, D., Limena, S., & Kuswara, L. (2024). Resultado funcional da reconstrução do LCA após habilitação pré-reconstrução vs. nenhuma pré-habilitação: Revisão sistemática e metanálise. *Revista Brasileira de Ortopedia*, 59(02), e172-e179. <https://doi.org/10.1055/s-0044-1779327>
- Carter, H.M., Littlewood, C., Webster, K.E. et al. The effectiveness of preoperative rehabilitation programmes on postoperative outcomes following anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction: a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord* 21, 647 (2020). <https://doi.org/10.1186/s12891-020-03676-6>
- Collins, N. J., Prinsen, C. A., Christensen, R., Bartels, E. M., Terwee, C. B., & Roos, E. M. (2016). Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS): revisión sistemática y metaanálisis de las propiedades de medición. *Osteoarthritis y cartílago*, 24(8), 1317-1329.
- Collins, N. J., & Mills, K. (2025). Clinimetrics: The Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS). *Journal of Physiotherapy*, 71(1), 62–63. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jphys.2024.11.011>
- Cunha, J., & Solomon, D. J. (2022). ACL Prehabilitation Improves Postoperative Strength and Motion and Return to Sport in Athletes. *Arthroscopy, Sports Medicine, and Rehabilitation*, 4(1), e65-e69. <https://doi.org/10.1016/j.asmr.2021.11.001>
- De Almeida, L. L., Mendes Júnior, A. F., Da Mota Neto, J., Furtado De Simoni, L., Souza Lopes, K. H., Carvalho Guimarães, P., De Oliveira Valério, B. I., & Sciascia, A. (2021). Pre-operative Scapular rehabilitation for Arthroscopic Repair of Traumatic Rotator Cuff Tear: Results of a Randomized Clinical Trial. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 16(1), 216–226. <https://doi.org/10.26603/001c.18654>
- De Klerk, T. C., Dounavi, D. M., Hamilton, D. F., Clement, N. D., & Kaliarntas, K. T. (2023). Effects of home-based prehabilitation on pre- and postoperative outcomes following total hip and knee arthroplasty. *Bone JT Open*, 4–5, 315–328. <https://doi.org/10.1302/2633-1462.45>
- Dwyer T, Whelan D. Anatomical considerations in multiligament knee injury and surgery. *The journal of knee surgery* [Internet]. 2012 [cited 2024 Nov 13];25(4):263–74. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23150154/>

Eitzen, I., Holm, I., & Risberg, M. A. (2009). Preoperative quadriceps strength is a significant predictor of knee function two years after anterior cruciate ligament reconstruction. *British Journal of Sports Medicine*, 43(5), 371-376. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2008.057059>

Erickson, L. N., Gochanour, E., Cain, M., Logerstedt, D. S., LaStayo, P., & Kuenze, C. (2019). Effect of blood flow restriction training on quadriceps muscle strength, morphology, physiology, and knee biomechanics before and after anterior cruciate ligament reconstruction: Protocol for a randomized clinical trial. *Physical Therapy*, 99(8), 1010–1016. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzz062>

Failla MJ, Logerstedt DS, Grindem H, Axe MJ, Risberg MA, Engebretsen L, et al. Does extended preoperative rehabilitation influence outcomes 2 years after ACL reconstruction? A comparative effectiveness study between the MOON and delaware-Oslo ACL cohorts. *Am J Sports Med*. 2016;44:2608–14. <https://doi.org/10.1177/0363546516652594>.

Giesche Florian, Niederer, D., Banzer Winfried, & Vogt Lutz. (2020). Evidence for the effects of prehabilitation before ACL-reconstruction on return to sport-related and self-reported knee function: A systematic review. *PLOS ONE*, 15(10), 1-21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240192>

Grindem, H., Granan, L. P., Risberg, M. A., Engebretsen, L., Snyder-Mackler, L., & Eitzen, I. (2015). How does a combined preoperative and postoperative rehabilitation programme influence the outcome of ACL reconstruction 2 years after surgery? A comparison between patients in the Delaware-Oslo ACL Cohort and the Norwegian National Knee Ligament Registry. *British Journal of Sports Medicine*, 49, 385–389. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093891>

Harput G, Ulusoy B, Yildiz TI, Demirci S, Eraslan L, Turhan E, et al. Cross-education improves quadriceps strength recovery after ACL reconstruction: a randomized controlled trial. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2019 Jan 29;27(1):68–75.

Keays, S. L., Newcombe, P. A., Bullock-Saxton, J. E., Bullock, M. I., & Keays, A. C. (2010). Factors Involved in the Development of Osteoarthritis after Anterior Cruciate Ligament Surgery. *American Journal of Sports Medicine*, 38(3), 455-463. <https://doi.org/10.1177/0363546509350914>

Kim, D. K., Hwang, J. H., & Park, W. H. (2015). Effects of 4 weeks preoperative exercise on knee extensor strength after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Physical Therapy Science*, 27, 2693–2696. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.2693>

Kohn, L., Rembeck, E., & Rauch, A. (2020). Verletzung des vorderen Kreuzbandes beim Erwachsenen : Diagnostik und Therapie [Anterior cruciate ligament injury in adults : Diagnostics and treatment]. *Der Orthopade*, 49(11), 1013–1028. <https://doi.org/10.1007/s00132-020-03997-3>

Kyung Kim, D., Hwang, J. H., & Hah Park, W. (2015). Effects of 4 weeks preoperative exercise on knee extensor strength after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(9), 2693–2696. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.2693>

Li, Y., Huang, H., Qiu, Y., Sun, J., He, M., & Wang, Y. (2023). 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 pilot study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 24, 386. <https://doi.org/10.1186/s12891-023-06483-x>

Mertz, D., & Loeb, M. (2014). Newcastle-Ottawa Scale: Comparing reviewers' to authors' assessments. *BMC Medical Research Methodology*, 14(1), 1–5. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-14-45>

Punnoose, A., Claydon-Mueller, L. S., Weiss, O., Zhang, J., Rushton, A., & Khanduja, V. (2023). Prehabilitation for Patients Undergoing Orthopedic Surgery: A Systematic Review and Meta-analysis. In *JAMA Network Open* (Vol. 6, Issue 4, p. E238050). American Medical Association. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.8050>

Reddy, D., Kamat, S. U., Annappa, R., Krishnamurth, S. L., Kamath, K., & Mallya, S. (2020). Does Preoperative Rehabilitation give Better Short Term Results in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction? *Ambulatory Surgery*, 26(2), 40–44

Rice, D. A., & McNair, P. J. (2010). Quadriceps Arthrogenic Muscle Inhibition: Neural Mechanisms and Treatment Perspectives. *Seminars in Arthritis and Rheumatism*, 40(3), 250-266. <https://doi.org/10.1016/j.semarthrit.2009.10.001>

Roos, E., Roos, H., Lohmander, S., Ekdahl, C., & Beynnon, B. (1998). Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)-Development of a Self-Administered Outcome Measure. *Journal of Orthopedic & Sports Physical Therapy*, 78(2), 88–96. www.jospt.org

Sanders TL, Maradit Kremers H, Bryan AJ, Larson DR, Dahm DL, Levy BA, et al. Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tears and Reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine*. 2016 Jun 26;44(6):1502–7.

Shen, T., Yuan, J., Wang, D., Chai, X., Gu, H., Kong, L., & Wang, Y. (2025). Mediating role of pain sensitization in preoperative and postoperative pain in knee osteoarthritis patients. *European Journal of Medical Research*, 30(1). <https://doi.org/10.1186/s40001-025-02485-8>

Srinivasalu, S., Pilar, A., Manohar, S. G., Joseph, J., Mohan, M. M., & Amaravathi, R. S. (2022). The Effect of Preoperative Rehabilitation on the Outcome of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Journal of Orthopaedic Diseases and Traumatology*, 5(3). https://journals.lww.com/jodt/fulltext/2022/05030/the_effect_of_preoperative_rehabilitation_on_the.11.aspx

Tennent, D. J., Hylden, C. M., Johnson, A. E., Burns, T. C., Wilken, J. M., & Owens, J. G. (2016). Blood Flow Restriction Training After Knee Arthroscopy: A Randomized Controlled Pilot Study. *Clinical Journal of Sport Medicine : Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine.*, 27(3), 245–253. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000377>

Zduński, S., Rongies, W., Ziołkowski, M., Koziół, T., Słomka, B., Kazimierski, P., et al. (2015). Evaluation of the Effectiveness of Preoperative Physiotherapy Using the Lysholm-Gillquist Scale in Patients Qualified for Surgical Arthroscopic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction—Pilot Study. *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja*, 17, 249–258. <https://doi.org/10.5604/15093492.1162424>

D'Ambrosi, R., Marchetti, A., Farinelli, L., Meena, A., Franco, P., Sconfienza, L. M., Cristiani, R., Herbst, E., Kittl, C., Herbort, M., Abermann, E., & Fink, C. (2025). The majority of elite and professional athletes return to the preinjury level of activity after ACL reconstruction: A systematic review and meta-analysis. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 1(n/a), 1–22. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ksa.70020>