

PROGRAMAS FISIOTERAPÉUTICOS EN RECUPERACIÓN FUNCIONAL Y RETORNO AL EJERCICIO TRAS LA RECONSTRUCCIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR EN DEPORTISTA

Physiotherapy programs for functional recovery and return to exercise after anterior cruciate ligament reconstruction in athletes

Programas de fisioterapia para recuperação funcional e retorno ao exercício após reconstrução do ligamento cruzado anterior em atletas

Jean Carlos Martínez Minaya ^{*1}, <https://orcid.org/0009-0004-6497-2340>

Lisbeth Josefina Reales Chacon ², <https://orcid.org/0000-0002-4242-3429>

Brayan Justino Santacruz Carrión ³, <https://orcid.org/0009-0007-2714-4273>

Erika Isabel Salinas Lascano ⁴, <https://orcid.org/0009-0004-1871-6557>

^{1, 3, 4} Universidad técnica de Ambato, Ecuador

² Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador

*Autor para correspondencia. email jmartinez9294@uta.edu.ec

Para citar este artículo: Martínez Minaya, J. C., Reales Chacon, L. J., Santacruz Carrión, B. J. y Salinas Lascano, E. I. (2025). Programas fisioterapéuticos en recuperación funcional y retorno al ejercicio tras la reconstrucción del ligamento cruzado anterior en deportista. *Maestro y Sociedad*, 22(1), 745-753. <https://maestrosociedad.uo.edu.cu>

RESUMEN

Introducción: Evalúa la eficacia de los programas fisioterapéuticos, ayuda a determinar cuáles técnicas favorecen una mejor recuperación en términos de fuerza, estabilidad, movilidad y optimizando así la rehabilitación de los deportistas tras una cirugía de ligamento cruzado, el tiempo y la calidad del retorno deportivo son factores críticos. El objetivo de esta revisión sistemática de la literatura es evaluar la eficacia de los programas fisioterapéuticos en la recuperación funcional y el retorno al deporte tras la reconstrucción del ligamento cruzado anterior en deportistas, a partir del análisis de la evidencia científica disponible. **Materiales y métodos:** La presente revisión sistemática es integrativa, observacional y retrospectivo redactada de acuerdo con la declaración de elementos de informe preferidos para revisiones sistemáticas y metanálisis. **Resultados:** Los resultados obtenidos de los estudios analizados sugieren que los programas de rehabilitación que incorporan técnicas específicas, como la estimulación neuromuscular eléctrica, el entrenamiento excéntrico, la terapia de restricción del flujo sanguíneo y el entrenamiento de estabilidad del core, tienen un impacto positivo en la recuperación funcional y en la reducción del tiempo de retorno al deporte. **Discusión:** Los programas de rehabilitación que incluyen técnicas como la estimulación neuromuscular eléctrica y el entrenamiento excéntrico mejoran significativamente la fuerza muscular y la función de la rodilla en atletas post-LCA, reduciendo el riesgo de recaídas y acelerando el retorno al deporte. **Conclusiones:** El uso de mangas elásticas para la rodilla y el entrenamiento de estabilidad del core complementan la rehabilitación tradicional, mejorando la biomecánica de la rodilla y reduciendo el riesgo de lesiones secundarias en atletas tras la reconstrucción del LCA.

Palabras clave: deporte, lesiones de rodilla, rehabilitación, ligamento cruzado anterior, ejercicio.

ABSTRACT

Introduction: To evaluate the effectiveness of physiotherapy programs, it helps determine which techniques promote better recovery in terms of strength, stability, mobility and thus optimize the rehabilitation of athletes after cruciate ligament surgery. Time and quality of return to sport are critical factors. The objective of this systematic literature review is to evaluate the effectiveness of physiotherapy programs in functional recovery and return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction in athletes, based on the analysis of the available scientific evidence. **Materials and methods:** This systematic review is integrative, observational, and retrospective, written in accordance with the statement of preferred reporting items

for systematic reviews and meta-analyses. Results: The results obtained from the analyzed studies suggest that rehabilitation programs that incorporate specific techniques, such as electrical neuromuscular stimulation, eccentric training, blood flow restriction therapy, and core stability training, have a positive impact on functional recovery and in reducing the time to return to sport. Discussion: Rehabilitation programs that include techniques such as electrical neuromuscular stimulation and eccentric training significantly improve muscle strength and knee function in post-ACL athletes, reducing the risk of relapse and accelerating return to sport. Conclusions: The use of elastic knee sleeves and core stability training complement traditional rehabilitation, improving knee biomechanics and reducing the risk of secondary injuries in athletes after ACL reconstruction.

Keywords: sport, knee injuries, rehabilitation, anterior cruciate ligament, exercise.

RESUMO

Introdução: Avaliar a eficácia de programas de fisioterapia ajuda a determinar quais técnicas promovem melhor recuperação em termos de força, estabilidade, mobilidade e, assim, otimizam a reabilitação de atletas após cirurgia do ligamento cruzado. O tempo e a qualidade do retorno ao esporte são fatores críticos. O objetivo desta revisão sistemática da literatura é avaliar a eficácia de programas de fisioterapia na recuperação funcional e no retorno ao esporte após a reconstrução do ligamento cruzado anterior em atletas, com base na análise das evidências científicas disponíveis. **Materiais e métodos:** Esta revisão sistemática é integrativa, observacional e retrospectiva, escrita de acordo com a declaração de itens de relato preferenciais para revisões sistemáticas e metanálises. **Resultados:** Os resultados obtidos nos estudos analisados sugerem que programas de reabilitação que incorporam técnicas específicas, como estimulação neuromuscular elétrica, treinamento excêntrico, terapia de restrição do fluxo sanguíneo e treinamento de estabilidade do core, têm impacto positivo na recuperação funcional e na redução do tempo de retorno ao esporte. **Discussão:** Programas de reabilitação que incluem técnicas como estimulação neuromuscular elétrica e treinamento excêntrico melhoram significativamente a força muscular e a função do joelho em atletas pós-LCA, reduzindo o risco de recidiva e acelerando o retorno ao esporte. **Conclusões:** O uso de joelheiras elásticas e o treinamento de estabilidade do core complementam a reabilitação tradicional, melhorando a biomecânica do joelho e reduzindo o risco de lesões secundárias em atletas após a reconstrução do LCA.

Palavras-chave: esporte, lesões no joelho, reabilitação, ligamento cruzado anterior, exercício.

Recibido: 5/1/2025 Aprobado: 24/2/2025

INTRODUCCIÓN

El Ligamento Cruzado Anterior (LCA) es una estructura anatómica primordial compuesta por elementos compactos y fibrosos que proporcionan estabilidad en la función articular de la rodilla debido a su excesivo movimiento, que ante mecanismos de lesión como la desaceleración rápida, cambios de dirección, pivote o traslación de la tibia hacia adelante presentan signos de inflamación, debilidad muscular y daño meniscal, entre otros (Vidmar et al., 2020; Reijman et al., 2021; Rodriguez et al., 2021; Beard et al., 2022). La rotura del LCA tiene una incidencia de 68,8 por 100.000 personas al año. Por lo cual, la reconstrucción suele considerarse la opción más efectiva al permitir rehabilitar la capacidad funcional que se tenía antes de la lesión (Carter et al., 2020).

A pesar de que existen múltiples programas fisioterapéuticos con diversos enfoques, intensidad y tiempos para la rehabilitación del LCA, ninguno tiene un planteamiento que aborde todas las herramientas necesarias para una pronta recuperación y retorno a la rutina de ejercicios, la cuales son establecidas en el tiempo promedio de 244 días para retomar su práctica deportiva.

Existen diversas técnicas mínimamente invasivas para la obtención de autoinjertos del tendón del cuádriceps en la reconstrucción del ligamento cruzado anterior. Estas técnicas permiten obtener un injerto fiable y reproducible, al mismo tiempo que reducen la morbilidad en el sitio donante (Stokes et al., 2024).

Es importante este estudio porque evalúa la eficacia de los programas fisioterapéuticos, ayuda a determinar cuáles técnicas favorecen una mejor recuperación en términos de fuerza, estabilidad, movilidad y optimizando así la rehabilitación de los deportistas tras una cirugía de ligamento cruzado, el tiempo y la calidad del retorno deportivo son factores críticos, por lo que un análisis riguroso permite establecer qué programas fisioterapéuticos reducen el riesgo de recaída y mejoran el rendimiento postoperatorio, minimizando posibles complicaciones.

Siendo así el que el objetivo de esta revisión sistemática de la literatura es evaluar la eficacia de los programas fisioterapéuticos en la recuperación funcional y el retorno al deporte tras la reconstrucción del ligamento cruzado anterior en deportistas, a partir del análisis de la evidencia científica disponible.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente revisión sistemática es integrativa, observacional y retrospectivo redactada de acuerdo con la declaración de elementos de informe preferidos para revisiones sistemáticas y metanálisis (PRISMA). Se realizó una extracción inicial de los datos mediante una búsqueda bibliográfica utilizando las siguientes bases de datos: PubMed, Cochrane Library, Scopus, PEDro y Web of Science, en esta primera investigación no se aplicaron limitaciones con respecto al año de publicación. La estrategia de búsqueda implicó el uso de descriptores de búsqueda relevantes de "OR", "AND" y "NOT" para combinar palabras clave de búsqueda: "anterior cruciate ligament reconstruction", "football players", "rehabilitation", "return to sport", "treatment", "exercise programs", "physiotherapy".

CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Criterios de Inclusión

1. Ensayos clínicos controlados, estudios de cohortes, metanálisis y estudios Originales
2. Idioma inglés
3. Estudios que evalúen programas de ejercicios de rehabilitación en deportistas después de una reconstrucción del LCA.
4. Artículos publicados desde 2020 – 2025.
5. Artículos de acceso gratuito en las plataformas científicas.
6. Todos los procedimientos fueron reconstrucciones de ligamentos primarios realizadas por síntomas agudos o deficiencia crónica del LCA, con o sin lesión de menisco.
7. Artículos realizados en hombres y mujeres.

Criterios de Exclusión

1. Estudios sin resultados concluyentes.
2. Investigaciones que no evalúen resultados relacionados con la funcionalidad y tiempos de retorno al deporte.
3. Estudios que incluyan pacientes con lesiones adicionales graves (fracturas, lesiones de múltiples ligamentos).
4. Estudios de caos o series de casos.
5. Estudios de prevención

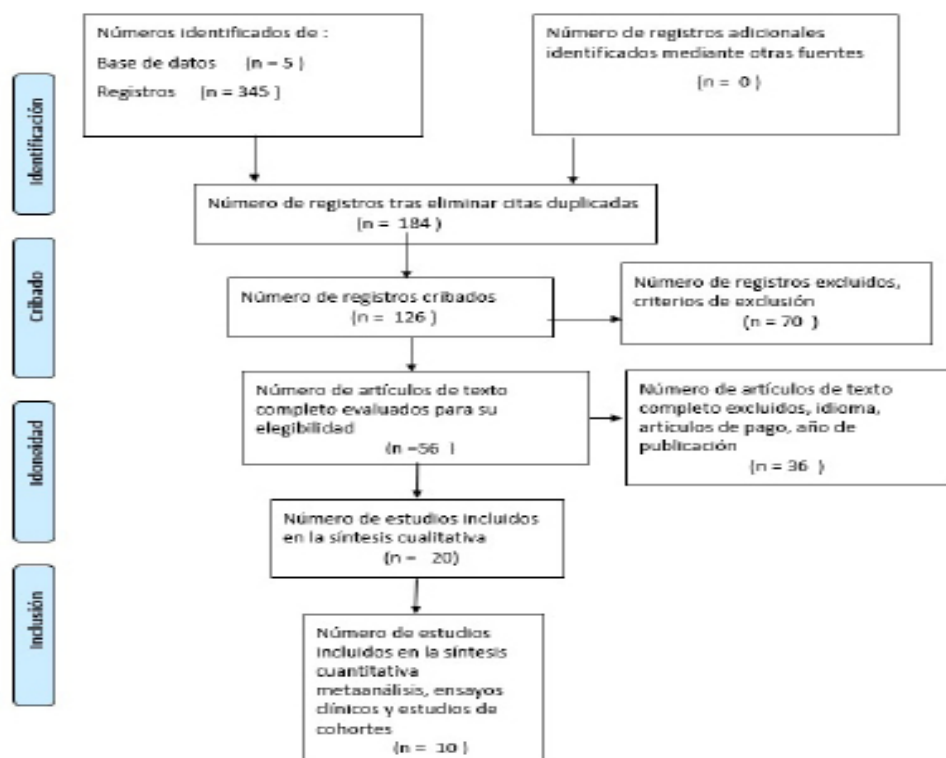


Fig. 1 Diagrama de flujo

Tabla 1 Síntesis de artículos

Título	Metodología	Resultados	Aporte del investigador
Superimposed NMES Training is Effective to Improve Strength and Function Following ACL Reconstruction with Hamstring Graft regardless of Tendon Regeneration. Autores: Luciana Labanca, Jacopo E. Rocchi, Silvana Giannini, Emanuele R. Faloni, Giulio Montanari, Pier Paolo Mariani, Andrea Macaluso (2022)	Objetivo del estudio: El objetivo del estudio fue investigar los efectos de un entrenamiento temprano basado en la estimulación neuromuscular eléctrica (NMES) superpuesta a ejercicios funcionales (NMES+), en comparación con la rehabilitación estándar, en pacientes sometidos a reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA) con injerto de tendones de los músculos isquiotibiales. Se buscó evaluar la mejora en la fuerza muscular, la función de la rodilla y la morfología de los músculos del muslo y los tendones regenerados. Metodología: Participantes: 34 pacientes sometidos a reconstrucción del LCA con injerto de tendones de los músculos isquiotibiales (semitendinoso y grácil). Diseño: Ensayo controlado aleatorizado. Los participantes fueron asignados a dos grupos: NMES+: Recibieron rehabilitación estándar más NMES superpuesta a movimientos funcionales (sentarse-levantarse, sentadillas, subir y bajar escalones). NAT: Solo recibieron rehabilitación estándar sin NMES. Duración del entrenamiento: 15 a 60 días después de la cirugía, con 5 sesiones semanales. Evaluaciones: Se realizaron evaluaciones de fuerza muscular, función de la rodilla y morfología de los músculos y tendones mediante resonancia magnética (MRI) en diferentes momentos: 15 (T1), 30 (T2), 60 (T3), 90 (T4) y aproximadamente 380 días (T5) después de la cirugía.	Fuerza muscular: El grupo NMES+ mostró mayor fuerza en los músculos isquiotibiales (T4, T5) y cuádriceps (T3, T4, T5) en comparación con el grupo NAT. La simetría de carga durante movimientos funcionales (sentarse-levantarse y salto con contramovimiento) fue mayor en el grupo NMES+ en comparación con el grupo NAT. Función de la rodilla: El grupo NMES+ mostró mejoras significativas en la simetría de carga durante las pruebas funcionales (sentarse-levantarse y salto con contramovimiento) en comparación con el grupo NAT. Morfología de músculos y tendones: No se encontraron diferencias significativas entre los grupos en la morfología de los músculos y tendones, ni en la regeneración de los tendones extraídos para el injerto. La regeneración del tendón no fue un factor predictivo de los resultados funcionales o de fuerza. Regeneración del tendón: No hubo diferencias significativas en la regeneración del tendón entre los grupos NMES+ y NAT. La regeneración del tendón no influyó en los resultados de fuerza o función.	La adición de un entrenamiento de resistencia basado en NMES+ superpuesto a movimientos funcionales en la fase temprana después de la reconstrucción del LCA con injerto de isquiotibiales mejora la fuerza muscular y la función de la rodilla.
Immediate and six-week effects of wearing a knee sleeve following anterior cruciate ligament reconstruction on knee kinematics and kinetics: a cross-over laboratory and randomised clinical trial Autores: Gisela Sole, Peter Lamb, Todd Pataky, Anupa Pathak, Stefan Klima, Pierre Navarre, Niels Hammer (2022)	Objetivo del estudio: El objetivo principal del estudio fue determinar los efectos inmediatos y a seis semanas de usar una manga elástica para la rodilla (knee sleeve) en la biomecánica de la rodilla durante una tarea de salto con descenso (step-down hop) en pacientes que se habían sometido a una reconstrucción del ligamento cruzado anterior (ACLR). Se buscó evaluar cómo el uso de la manga afectaba los ángulos de flexión de la rodilla, los momentos de flexión externa y la duración de la fase de apoyo durante el salto. Metodología: Diseño del estudio: Parte 1: Estudio cruzado (cross-over) en laboratorio para evaluar los efectos inmediatos de usar la manga. Parte 2: Ensayo clínico aleatorizado (RCT) para evaluar los efectos a seis semanas de usar la manga. Participantes: 31 participantes (15 mujeres, 16 hombres) con una mediana de 16 meses post-cirugía de ACLR. Los participantes fueron asignados aleatoriamente a un grupo que usó la manga durante 6 semanas (Grupo Sleeve) y un grupo control que no la usó. Intervención: Se utilizó una manga elástica comercial (GenuTrain) que se usó durante al menos 1 hora al día durante 6 semanas. Evaluaciones: Se midieron los ángulos de flexión de la rodilla, los momentos de flexión externa y la duración de la fase de apoyo durante un salto con descenso. Se utilizó análisis de movimiento tridimensional y plataformas de fuerza para capturar los datos biomecánicos. Análisis estadístico: Se utilizó Statistical Parametric Mapping (SPM) para analizar las trayectorias de los ángulos de flexión y los momentos de flexión. También se realizaron análisis de variables discretas (picos de flexión, duración de la fase de apoyo, etc.).	Efectos inmediatos: El uso de la manga aumentó los ángulos de flexión de la rodilla durante la fase de carga del salto, especialmente en los primeros 180 ms de la fase de apoyo. No hubo cambios significativos en los momentos de flexión externa de la rodilla al usar la manga. La duración de la fase de apoyo no varió significativamente entre las condiciones con y sin manga. Efectos a seis semanas: El grupo que usó la manga mostró una disminución del 22% en la duración de la fase de apoyo, lo que sugiere una mejora en la eficiencia del movimiento. No hubo diferencias significativas en los ángulos de flexión o los momentos de flexión entre los grupos a las seis semanas. El grupo control mostró un aumento en los ángulos de flexión de la rodilla, mientras que el grupo de la manga mostró una ligera disminución.	El uso de una manga elástica para la rodilla puede mejorar los ángulos de flexión de la rodilla inmediatamente después de su aplicación, lo que podría ser beneficioso en la rehabilitación post-ACLR. Sin embargo, a largo plazo, los efectos son más modestos, y la manga parece influir más en la eficiencia del movimiento que en los parámetros biomecánicos específicos.
Can a knee sleeve influence ground reaction forces and knee joint power during a stepdown hop in participants following anterior cruciate ligament reconstruction? A secondary analysis Autores: Gisela Sole, Todd Pataky, Niels Hammer y Peter Lamb. (2022)	Objetivo del estudio: El estudio tuvo como objetivo determinar los efectos inmediatos y a 6 semanas de usar una manga elástica para la rodilla en las fuerzas de reacción del suelo (GRF) y la potencia de la articulación de la rodilla durante una tarea de salto con descenso (step-down hop) en participantes que se habían sometido a una reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA). Además, se buscó explorar los mecanismos biomecánicos subyacentes que podrían explicar los cambios observados en la cinemática y cinética de la rodilla al usar la manga. Metodología: Diseño del estudio: El estudio consistió en dos partes: Parte 1: Un diseño cruzado (cross-over) para evaluar los efectos inmediatos de usar la manga en 30 participantes con reconstrucción de LCA (mediana de 16 meses post-cirugía). Los participantes realizaron la tarea de salto con descenso con y sin la manga. Parte 2: Un ensayo clínico aleatorizado (RCT) con dos grupos: un grupo que usó la manga durante 6 semanas (al menos 1 hora diaria) y un grupo control que no usó la manga. Se compararon los cambios en las GRF y la potencia de la rodilla entre los grupos. Participantes: Se reclutaron hombres y mujeres de 18 a 40 años que habían sido sometidos a una reconstrucción de LCA entre 6 meses y 5 años antes. Los participantes debían tener un nivel funcional no completo, definido por una puntuación entre 40 y 80/100 en el formulario subjetivo del Comité Internacional de Documentación de la Rodilla (IKDC-SKF). Intervención: Se utilizó una manga elástica para la rodilla (GenuTrain de Bauerfeind®) en el grupo de intervención durante 6 semanas. Mediciones: Se midieron las GRF y la potencia de la articulación de la rodilla durante la fase de apoyo del salto con descenso. Se utilizó análisis de mapeo paramétrico estadístico (SPM) para comparar las trayectorias de las GRF y la potencia de la rodilla entre las condiciones (con y sin manga) y entre los grupos (intervención y control).	Efectos inmediatos: No se encontraron diferencias significativas en las GRF entre la rodilla lesionada y la no lesionada, ni entre las condiciones con y sin manga. La potencia de la rodilla durante los primeros 5% de la fase de apoyo aumentó significativamente cuando se usó la manga, pasando de una potencia concéntrica a excéntrica. La rodilla lesionada mostró una potencia excéntrica y concéntrica máxima menor en comparación con la rodilla no lesionada. Efectos a 6 semanas: No se observaron diferencias significativas en las GRF o la potencia de la rodilla entre los grupos de intervención y control. Sin embargo, se observó un cambio direccional en las GRF verticales: el grupo que usó la manga mostró un aumento en las GRF verticales, mientras que el grupo control mostró una disminución. El grupo control mostró un aumento en la GRF anterior en el seguimiento, lo que no se observó en el grupo de intervención.	El estudio sugiere que el uso de una manga elástica para la rodilla puede mejorar la potencia de la rodilla durante la fase inicial del aterrizaje, lo que podría indicar un mejor control sensoriomotor.

Functional Resistance Training Improves Thigh Muscle Strength after ACL Reconstruction: A Randomized Clinical Trial (10) Autores: Riann M. Palmieri-Smith, Scott R. Brown, Edward M. Wojtys y Chandramouli Krishnan (2023)	Objetivo del estudio: El objetivo principal del estudio fue determinar si un programa de entrenamiento de resistencia funcional (FRT, por sus siglas en inglés) específico para caminar (por ejemplo, caminar con resistencia) mejora la fuerza muscular del muslo en individuos después de una reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA). Además, se buscó comparar la efectividad de dos modalidades de FRT (uso de una rodillera personalizada vs. bandas elásticas) para mejorar la fuerza muscular. Metodología: Diseño del estudio: Ensayo clínico aleatorizado con tres grupos: FRT con rodillera personalizada (BRACE): Se aplicó resistencia bidireccional durante la caminata. FRT con bandas elásticas (BAND): Se aplicó resistencia unidireccional durante la extensión de la rodilla. Grupo de control (TARGET MATCH): Caminata sin resistencia, solo con retroalimentación visual. Participantes: 30 individuos (14-40 años) que habían sido sometidos a reconstrucción del LCA y estaban entre 6-10 semanas postoperatorias. Intervención: Los participantes realizaron entrenamiento en una cinta de caminar 2-3 veces por semana durante 8 semanas. Se midió la fuerza isométrica de extensión y flexión de la rodilla antes de la intervención (PRE), después de la intervención (POST) y 8 semanas después de finalizar la intervención (POST-2). Mediciones: La fuerza muscular se midió utilizando un dinamómetro isométrico, y los datos se normalizaron según la masa corporal.	Fuerza del extensor de la rodilla: El grupo BRACE mostró una mayor fuerza en el extensor de la rodilla en comparación con el grupo TARGET MATCH en POST y POST-2 ($p<0.05$). No hubo diferencias significativas entre el grupo BAND y el grupo TARGET MATCH en ningún momento. Fuerza del flexor de la rodilla: El grupo BRACE mostró una mayor fuerza en el flexor de la rodilla en comparación con el grupo TARGET MATCH en POST y POST-2 ($p<0.05$) y con el grupo BAND en POST ($p<0.05$). Mantenimiento de la fuerza: Las mejoras en la fuerza muscular se mantuvieron 8 semanas después de finalizar la intervención en el grupo BRACE.	La utilización de una rodillera personalizada durante 8 semanas de entrenamiento de resistencia funcional ofrece resistencia bidireccional mejora significativamente la fuerza muscular del muslo después de una reconstrucción del LCA, manteniéndose estas mejoras 8 semanas después. El FRT con rodillera fue más efectivo que el uso de bandas elásticas, destacando la importancia de la resistencia bidireccional. Esta intervención es segura y beneficiosa, pudiendo ser un complemento valioso en la rehabilitación post-LCA para mejorar la fuerza muscular
Nordic hamstring exercises in functional knee rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomised, controlled study Autores: JiaWei Chen, TianYu Wu y Ying Guo (2023)	Objetivo del estudio: El objetivo principal del estudio fue evaluar el efecto de los ejercicios Nordic Hamstring Exercise (NHE) en la fuerza muscular y la estabilidad de la rodilla en pacientes después de una reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA). Se buscó comparar la eficacia de este método de entrenamiento excéntrico con los métodos convencionales de rehabilitación. Metodología: Diseño del estudio: Estudio prospectivo, aleatorizado y controlado. Participantes: 60 pacientes masculinos sometidos a reconstrucción del LCA, divididos en dos grupos: Grupo de prueba (n=30): Realizaron ejercicios NHE además de la rehabilitación convencional. Grupo de control (n=30): Solo realizaron rehabilitación convencional. Intervenciones: Rehabilitación convencional: Incluyó ejercicios isométricos, entrenamiento de fuerza, movilidad articular y entrenamiento propioceptivo. Ejercicios NHE: Comenzaron en la tercera semana postoperatoria, enfocados en el entrenamiento excéntrico de los isquiotibiales. Evaluaciones: Medición de la circunferencia del muslo: Para evaluar la hinchazón y la atrofia muscular. Pruebas de fuerza muscular: Utilizando el sistema Biodex System 3 para medir el torque máximo (PT), el trabajo total (TW) y el torque promedio (AVG PT) a velocidades angulares de 60°/s y 120°/s. Evaluación funcional de la rodilla: Utilizando la escala Lysholm Knee Score. Pruebas clínicas: Test de Lachman, test del cajón anterior y prueba KT-1000 para evaluar la estabilidad de la rodilla.	Circunferencia del muslo: El grupo de prueba mostró una menor diferencia en la circunferencia del muslo en comparación con el grupo de control a las 12 y 24 semanas postoperatorias, indicando una menor atrofia muscular y mejor recuperación. Fuerza muscular: Ambos grupos mostraron mejoría en la fuerza de los isquiotibiales después de la cirugía, pero el grupo de prueba tuvo una mayor recuperación de la fuerza muscular en comparación con el grupo de control. A las 24 semanas, el grupo de prueba alcanzó el 85% de la fuerza de los isquiotibiales del lado sano, mientras que el grupo de control solo alcanzó el 75%. Estabilidad de la rodilla: Ambos grupos mostraron resultados negativos en las pruebas de Lachman y cajón anterior a las 24 semanas, sin diferencias significativas entre los grupos. La prueba KT-1000 mostró un desplazamiento tibial anterior menor a 5 mm en ambos grupos. Función de la rodilla: El grupo de prueba obtuvo una puntuación significativamente mejor en la escala Lysholm Knee Score a las 12 y 24 semanas postoperatorias, indicando una mejor función y menor dolor en comparación con el grupo de control.	Los ejercicios Nordic Hamstring Exercise son una herramienta efectiva en la rehabilitación postoperatoria de la reconstrucción del LCA, ya que mejoran la fuerza muscular, reducen la atrofia y aceleran la recuperación funcional de la rodilla. Este método de entrenamiento excéntrico debería ser considerado como parte integral de los programas de rehabilitación para pacientes sometidos a reconstrucción del LCA.
The effects of core stabilization exercises on the neuromuscular function of athletes with ACL reconstruction Autores: Farzaneh Saki, Hossein Shafiee, Behdad Tahayori, Farzaneh Ramezani (2023)	Objetivo del estudio: El objetivo del estudio fue investigar los efectos de 8 semanas de entrenamiento de estabilidad del core en la función neuromuscular de atletas que se habían sometido a una reconstrucción del ligamento cruzado anterior (ACLR). Se buscó evaluar cómo este entrenamiento afectaba la resistencia del core, la fuerza de la cadera y la cinemática de la rodilla en atletas masculinos que habían completado la rehabilitación postoperatoria convencional. Metodología: Diseño del estudio: Ensayo controlado aleatorizado con pruebas previas y posteriores en dos grupos: un grupo de entrenamiento (TG) y un grupo control (CG). Participantes: 26 atletas masculinos (20-30 años) con historial de ACLR, divididos aleatoriamente en TG (n=13) y CG (n=13). Intervención: El TG realizó ejercicios de estabilidad del core durante 8 semanas, 3 veces por semana, antes de comenzar su entrenamiento habitual. El CG no recibió intervención y continuó con su rutina normal. Evaluaciones: Se midió la resistencia del core (pruebas de McGill), la fuerza de la cadera (dinamómetro manual) y la cinemática de la rodilla (ángulo de valgo y flexión de la rodilla durante un aterrizaje monopodal). Análisis estadístico: Se utilizó el análisis de covarianza (ANCOVA) para comparar los resultados entre los grupos.	Resistencia del core: El TG mostró un aumento significativo en la resistencia del core (42% en flexión del tronco, 60% en la prueba de Biering-Sørensen, y 62% y 58% en las planchas laterales derecha e izquierda, respectivamente). Fuerza de la cadera: El TG mejoró significativamente la fuerza de los rotadores externos (40%) y abductores de la cadera (23%), pero no se observaron cambios significativos en los extensores de la cadera. Cinemática de la rodilla: El TG mostró un aumento significativo en el ángulo de flexión de la rodilla (23%) y una disminución en el ángulo de valgo de la rodilla (63%) durante el aterrizaje monopodal. Comparación con el grupo control: El CG no mostró cambios significativos en ninguna de las variables evaluadas.	El estudio demuestra que 8 semanas de entrenamiento de estabilidad del core mejoran la resistencia del core, la fuerza de la cadera y la cinemática de la rodilla en atletas masculinos con ACLR. Estos hallazgos sugieren que este tipo de entrenamiento puede ser una herramienta efectiva para reducir el riesgo de lesiones secundarias y mejorar el rendimiento neuromuscular en atletas que han sido sometidos a una reconstrucción del LCA.

Blood Flow Restriction Therapy Preserves Lower Extremity Bone and Muscle Mass After ACL Reconstruction (13) Autores: Robert A. Jack II, MD; Bradley S. Lambert, PhD; Corbin A. Hedt, DPT; Domenica Delgado, BS; Haley Goble, MHA; Patrick C. McCulloch, MD. (2022)	Objetivo del estudio: El objetivo del estudio fue determinar si la terapia de restricción del flujo sanguíneo (BFR) combinada con ejercicios de resistencia de baja carga puede reducir la pérdida de masa muscular (LM), masa ósea y densidad mineral ósea (BMD) en la extremidad inferior (LE) después de una reconstrucción del ligamento cruzado anterior (ACL), en comparación con la rehabilitación estándar. Además, se buscó evaluar si la BFR mejora el tiempo de retorno al deporte (RTS) y los resultados funcionales. Metodología: Diseño del estudio: Ensayo clínico controlado y aleatorizado. Participantes: 32 pacientes sometidos a ACLR con autoinjerto de tendón rotuliano, divididos en dos grupos: Grupo CONTROL: 15 pacientes (7 hombres, 8 mujeres). Grupo BFR: 17 pacientes (12 hombres, 5 mujeres). Intervención: Ambos grupos siguieron un protocolo de rehabilitación de 12 semanas. El grupo BFR realizó ejercicios con restricción del flujo sanguíneo al 80% de la presión de oclusión arterial en la extremidad operada. Mediciones: Se midieron la masa muscular, masa ósea y densidad mineral ósea mediante DEXA (absorciometría de rayos X de energía dual) antes de la cirugía, a las 6 y 12 semanas de rehabilitación. También se evaluaron medidas funcionales a las 8 y 12 semanas. Análisis estadístico: Se utilizó un análisis de covarianza (ANCOVA) para detectar cambios dentro y entre grupos, con un nivel de significancia de $p=0.05$.	Masa muscular: El grupo CONTROL experimentó una disminución significativa en la masa muscular de la extremidad inferior (LE-LM) a las 6 y 12 semanas. El grupo BFR no mostró cambios significativos en la masa muscular, preservando mejor la masa muscular en comparación con el grupo control. Masa ósea y densidad mineral ósea (BMD): El grupo control mostró una disminución significativa en la masa ósea y la BMD en la extremidad operada. El grupo BFR preservó la masa ósea y la BMD, mostrando una menor pérdida en comparación con el grupo control. Resultados funcionales: Ambos grupos mostraron mejoras similares en las medidas funcionales, excepto en la prueba de equilibrio Y-balance, donde el grupo BFR mostró una mejora significativa. El tiempo de retorno al deporte (RTS) fue menor en el grupo BFR (6.4 meses) en comparación con el grupo CONTROL (8.3 meses).	La terapia de restricción del flujo sanguíneo (BFR) puede ser una adición efectiva a los protocolos de rehabilitación estándar después de una ACLR, ayudando a preservar la masa muscular y ósea, y acelerando el retorno al deporte.
Neuromuscular Training Improves Biomechanical Deficits at the Knee in Anterior Cruciate Ligament Reconstructed-Athletes (14) Autores : Christopher V. Nagelli, Samuel C. Wordeman, Stephanie Di Stasi, Joshua Hoffman, Tiffany Marulli, y Timothy E. Hewett. (2021)	Objetivo del Estudio: El objetivo principal del estudio fue cuantificar el efecto de un programa de entrenamiento neuromuscular (NMT) en la biomecánica de la rodilla en atletas que se han sometido a una reconstrucción del ligamento cruzado anterior (ACLR). Además, se comparó la biomecánica de la rodilla después del entrenamiento entre los atletas con ACLR y un grupo de control de atletas sin lesiones. Metodología: Diseño del Estudio: Estudio de cohorte. Participantes: 18 atletas con ACLR y 10 atletas de control. Intervención: Programa de entrenamiento neuromuscular (NMT) de 12 sesiones, enfocado en mejorar la estabilidad del tronco, la flexión dinámica de las extremidades inferiores y la mecánica de aterrizaje. Medidas de Resultado Principal: Cinemática y cinética de la rodilla durante una tarea de salto y aterrizaje con doble pierna. Análisis Estadístico: Se utilizaron análisis de varianza (ANOVA) para evaluar los efectos del entrenamiento y las diferencias entre grupos.	Principales Resultados: Mejoras en la Biomecánica de la Rodilla: Los atletas con ACLR mostraron un mayor ángulo de flexión de la rodilla y un menor momento de flexión de la rodilla después del entrenamiento neuromuscular. No se observaron cambios significativos en el ángulo de abducción de la rodilla o el momento de abducción. Comparación con el Grupo de Control: Después del entrenamiento, no hubo diferencias significativas en la biomecánica de la rodilla entre los atletas con ACLR y el grupo de control, excepto en el ángulo de abducción de la rodilla, donde los atletas de control mostraron un mayor ángulo de abducción. Índice de Simetría de las Extremidades (LSI): No hubo cambios significativos en el LSI antes y después del entrenamiento en los atletas con ACLR.	Un programa de entrenamiento neuromuscular (NMT) mejora significativamente la biomecánica de la rodilla, mostraron un mayor ángulo de flexión de la rodilla y un menor momento de flexión después del entrenamiento, lo que sugiere una mejora en los patrones de movimiento que podrían reducir el riesgo de una segunda lesión del LCA.
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 Autores : Xuefeng Li1, Jinyu Li, Liang Qing, Haonan Wang, Huijun Ma and Peng Huang (2023)	Objetivo del estudio: El objetivo principal del estudio fue evaluar los efectos del entrenamiento de cuádriceps con diferentes niveles de restricción del flujo sanguíneo (BFR, por sus siglas en inglés) sobre la fuerza y el grosor del cuádriceps en pacientes en el período postoperatorio a mediano plazo después de una reconstrucción del ligamento cruzado anterior (ACLR). Además, se buscó determinar si el nivel de restricción del flujo sanguíneo influía en los resultados del tratamiento. Metodología: Diseño del estudio: Ensayo controlado aleatorizado. Participantes: 30 pacientes post-ACLR, divididos en tres grupos: control (sin BFR), 40% de presión de oclusión arterial (AOP) y 80% AOP. Intervención: Los participantes realizaron entrenamiento de cuádriceps con diferentes niveles de BFR combinado con rehabilitación convencional durante 8 semanas. Evaluaciones: Se midió la fuerza isocinética de extensión de rodilla a 60°/s y 180°/s, el grosor del recto femoral y vasto intermedio, el rendimiento en la prueba de equilibrio Y-balance y las respuestas al cuestionario del Comité Internacional de Documentación de la Rodilla (IKDC) antes y después de la intervención. Análisis estadístico: Se utilizó un modelo lineal mixto con medidas repetidas para analizar los datos.	Fuerza del cuádriceps: El grupo con 80% AOP mostró un aumento significativo en la fuerza del cuádriceps en comparación con el grupo control y el grupo de 40% AOP. La fuerza isocinética a 60°/s y 180°/s mejoró significativamente en los grupos con BFR, especialmente en el grupo de 80% AOP. Grosor muscular: El grosor combinado del recto femoral y vasto intermedio aumentó significativamente en los grupos con BFR, con mayores mejoras en el grupo de 80% AOP. Función y estabilidad de la rodilla: El grupo de 80% AOP mostró mejoras significativas en la puntuación del IKDC y en la prueba de equilibrio Y-balance, indicando una mejor función y estabilidad de la rodilla. No hubo diferencias significativas en el grupo control. Comparación entre grupos: El grupo de 80% AOP tuvo mejores resultados en todas las métricas evaluadas en comparación con el grupo de 40% AOP y el grupo control.	El entrenamiento de cuádriceps con restricción del flujo sanguíneo, especialmente al 80% de AOP, es efectivo para mejorar la fuerza, el grosor muscular y la función de la rodilla en pacientes post-ACLR. Este enfoque puede acelerar la rehabilitación y reducir las diferencias entre las extremidades afectadas y no afectadas.

Effects of Eccentric-Oriented Strength Training on Return to Sport Criteria in Late-Stage Anterior Cruciate Ligament (ACL)-Reconstructed Professional Team Sport Players Autores : Marko D M Stojanović, Nikola Andrić, Mladen Mikić, Nikola Vukosav, Borko Vukosav, Dan-Nicolae Zolog-Şchiopea, Mircea Tăbăcar, Răzvan Marian Melinte (2023)	Objetivo del estudio: El objetivo principal del estudio fue comparar los efectos de un entrenamiento de fuerza orientado a la fase excéntrica (ECC) frente a un entrenamiento de fuerza tradicional (CON) durante la fase tardía de rehabilitación de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA) en atletas profesionales de deportes de equipo. Se buscó evaluar cómo estos dos tipos de entrenamiento influyen en la fuerza de las piernas, el rendimiento en saltos verticales y horizontales, y otros criterios relacionados con el retorno al deporte (RTS). Metodología: Participantes: 22 atletas profesionales (14 hombres y 8 mujeres) con reconstrucción unilateral del LCA, divididos en dos grupos: experimental (ECC, n=11) y control (CON, n=11). Diseño del estudio: Estudio longitudinal con diseño entre sujetos. Ambos grupos siguieron un programa de rehabilitación de 6 semanas, con la diferencia de que el grupo ECC realizó entrenamiento excéntrico con dispositivos isoinerciales, mientras que el grupo CON realizó entrenamiento de fuerza tradicional con pesos libres. Evaluaciones: Se realizaron pruebas antes y después del entrenamiento, incluyendo tests de fuerza isométrica, saltos verticales (CMJ), saltos verticales con una pierna (SLJ y SLJU), saltos horizontales con una pierna (SLHI y SLHU), y saltos triples con una pierna (TLHI y TLHU). También se calcularon índices de simetría entre las piernas. Análisis estadístico: Se utilizó un ANOVA de dos vías para analizar los efectos del entrenamiento, y se calcularon los tamaños del efecto (ES) para evaluar la magnitud de las diferencias.	Fuerza isométrica: El grupo ECC mostró mejoras significativamente mayores en la fuerza isométrica tanto en la pierna lesionada (27.1%) como en la no lesionada (28.1%) en comparación con el grupo CON (18.1% y 15.1%, respectivamente). Saltos verticales: El grupo ECC mejoró significativamente más en el salto vertical (CMJ) con un 12.9% de mejora, frente al 6.7% del grupo CON. Saltos con una pierna: El grupo ECC mostró mejoras significativas en los saltos verticales y horizontales con la pierna lesionada (SLJ: 23.8%, SLHI: 23.9%, TLHI: 14.3%), superando al grupo CON (SLJ: 13.7%, SLHI: 8.1%, TLHI: 5.3%). Índices de simetría: No se encontraron diferencias significativas entre los grupos en los índices de simetría entre las piernas.	El entrenamiento de fuerza excéntrico realizado de dos veces a tres veces por semana durante seis ayudó principalmente a mejorar la fuerza, la potencia y el rendimiento funcional en la pierna lesionada, lo que es clave para una recuperación óptima y un retorno seguro al deporte.
--	--	--	--

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de los estudios analizados sugieren que los programas de rehabilitación que incorporan técnicas específicas, como la estimulación neuromuscular eléctrica (NMES), el entrenamiento excéntrico, la terapia de restricción del flujo sanguíneo (BFR) y el entrenamiento de estabilidad del core, tienen un impacto positivo en la recuperación funcional y en la reducción del tiempo de retorno al deporte.

En primer lugar, el estudio de Labanca et al. (2022) demostró que la adición de NMES superpuesta a ejercicios funcionales mejora significativamente la fuerza muscular y la función de la rodilla en comparación con la rehabilitación estándar. Este hallazgo es relevante, ya que la fuerza muscular es un factor crítico para la estabilidad de la rodilla y la prevención de recaídas. Además, el uso de mangas elásticas para la rodilla, como se observó en los estudios de Sole et al. (2022), mostró mejoras inmediatas en la biomecánica de la rodilla, lo que sugiere que estas intervenciones pueden ser útiles en las fases iniciales de la rehabilitación.

Por otro lado, el entrenamiento excéntrico, como el Nordic Hamstring Exercise (NHE), demostró ser efectivo para mejorar la fuerza muscular y reducir la atrofia en pacientes post-LCA (Chen et al., 2023). Este tipo de entrenamiento no solo acelera la recuperación funcional, sino que también puede contribuir a la prevención de lesiones futuras. Asimismo, la terapia de restricción del flujo sanguíneo (BFR) se asoció con la preservación de la masa muscular y ósea, lo que es crucial para mantener la integridad física del atleta durante el proceso de rehabilitación (Jack et al., 2022).

En cuanto al entrenamiento de estabilidad del core, los resultados de Saki et al. (2023) indicaron que este tipo de intervención mejora la resistencia del core, la fuerza de la cadera y la cinemática de la rodilla, lo que podría reducir el riesgo de lesiones secundarias y mejorar el rendimiento neuromuscular. Este enfoque es particularmente relevante en atletas que requieren un alto nivel de control postural y estabilidad durante actividades deportivas.

Finalmente, el estudio de Li et al. (2023) destacó la importancia del entrenamiento de cuádriceps con diferentes niveles de restricción del flujo sanguíneo, mostrando que el 80% de la presión de oclusión arterial (AOP) es más efectivo para mejorar la fuerza y el grosor muscular en comparación con niveles más bajos de restricción. Esto sugiere que la intensidad de la BFR es un factor clave para optimizar los resultados en la rehabilitación post-LCA.

CONCLUSIONES

Los programas de rehabilitación que incluyen técnicas como la estimulación neuromuscular eléctrica (NMES) y el entrenamiento excéntrico mejoran significativamente la fuerza muscular y la función de la rodilla en atletas post-LCA, reduciendo el riesgo de recaídas y acelerando el retorno al deporte.

El uso de mangas elásticas para la rodilla y el entrenamiento de estabilidad del core complementan la

rehabilitación tradicional, mejorando la biomecánica de la rodilla y reduciendo el riesgo de lesiones secundarias en atletas tras la reconstrucción del LCA.

La terapia de restricción del flujo sanguíneo (BFR) y el entrenamiento de cuádriceps con alta intensidad (80% AOP) son efectivos para preservar la masa muscular y ósea, mejorar la función de la rodilla y reducir las diferencias entre las extremidades, optimizando la recuperación post-LCA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Beard DJ, et al. 2022 Rehabilitation versus surgical reconstruction for non-acute anterior cruciate ligament injury (ACL SNAP): a pragmatic randomised controlled trial. *The Lancet*; 400(10352): 605–15.

Carter HM, Littlewood C, Webster KE, Smith BE. The effectiveness of preoperative rehabilitation programmes on postoperative outcomes following anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction: A systematic review. Vol. 21, *BMC Musculoskeletal Disorders*. BioMed Central Ltd; 2020.

Chen JW, Wu TY, Guo Y. Nordic hamstring exercises in functional knee rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomised, controlled study. *Sci Rep*. 2023 Dec 1;13(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.

Labanca L, Rocchi JE, Giannini S, Faloni ER, Montanari G, Mariani PP, et al. Superimposed NMES Training is Effective to Improve Strength and Function Following ACL Reconstruction with Hamstring Graft regardless of Tendon Regeneration. *J Sports Sci Med [Internet]*. 2022;21:91–103. Available from: <http://www.jssm.orgDOI:https://doi.org/10.52082/jssm.2022.91> Early

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).

Nagelli CV, Wordeman SC, Di Stasi S, Hoffman J, Marulli T, Hewett TE. Neuromuscular Training Improves Biomechanical Deficits at the Knee in Anterior Cruciate Ligament-Reconstructed Athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2021 Mar 1;31(2):113–9.

Palmieri-Smith RM, Brown SR, Wojtyś EM, Krishnan C. Functional Resistance Training Improves Thigh Muscle Strength after ACL Reconstruction: A Randomized Clinical Trial HHS Public Access [Internet]. Available from: www.sealedenvelope.com

Reijman M, et al. 2021 Early surgical reconstruction versus rehabilitation with elective delayed reconstruction for patients with anterior cruciate ligament rupture: COMPARE randomised controlled trial. *The BMJ*. 9;372.

Rodriguez K, et al. 2021 Anterior Cruciate Ligament Injury: Conservative Versus Surgical Treatment. *Cureus*. Dec 6;

Saki F, Shafiee H, Tahayori B, Ramezani F. The effects of core stabilization exercises on the neuromuscular function of athletes with ACL reconstruction. *Sci Rep*. 2023 Dec 1;13(1).

Sole G, Lamb P, Pataky T, Pathak A, Klima S, Navarre P, et al. Immediate and six-week effects of wearing a knee sleeve following anterior cruciate ligament reconstruction on knee kinematics and kinetics: a cross-over laboratory and randomised clinical trial. *BMC Musculoskelet Disord*. 2022 Dec 1;23(1).

Sole G, Pataky T, Hammer N, Lamb P. Can a knee sleeve influence ground reaction forces and knee joint power during a stepdown hop in participants following anterior cruciate ligament reconstruction? A secondary analysis. *PLoS One*. 2022 Dec 1;17(12 December).

Stojanović MDM, Andrić N, Mikić M, Vukosav N, Vukosav B, Zolog-Şchiopea DN, et al. Effects of Eccentric-Oriented Strength Training on Return to Sport Criteria in Late-Stage Anterior Cruciate Ligament (ACL)-Reconstructed Professional Team Sport Players. *Medicina (Lithuania)*. 2023 Jun 1;59(6).

Stokes DJ, Cram TR, Elrick BP, Schantz K, Shinsako KK, Frank RM. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Basics: Quadriceps Tendon (All-Soft Tissue) Autograft Harvest—Part 1. *Arthrosc Tech*. 2024 Dec 1;

Vidmar MF, et al. 2020 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*; 24(5):424–32.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Declaración de responsabilidad de autoría

Los autores del manuscrito señalado, DECLARAMOS que hemos contribuido directamente a su contenido intelectual, así como a la génesis y análisis de sus datos; por lo cual, estamos en condiciones de hacernos públicamente responsable de él y aceptamos que sus nombres figuren en la lista de autores en el orden indicado. Además, hemos cumplido los requisitos éticos de la publicación mencionada, habiendo consultado la Declaración de Ética y mala praxis en la publicación.

Jean Carlos Martínez Minaya, Lisbeth Josefina Reales Chacon, Brayan Justino Santacruz Carrión y Erika Isabel Salinas Lascano: Proceso de revisión de literatura y redacción del artículo.