

Preprint

**Pertenencia institucional****Resumen****Palabras clave:****Correspondencia****Abstract****ORCID****Key words:**

## **Prevención de Lesiones de Rodilla y del Ligamento Cruzado Anterior Basada en Programas de Ejercicio: Una Revisión Bibliográfica**

### **Autores:**

Saldívar Leguizamón, M. Estudiante de la carrera de Fisioterapia y Kinesiología - Universidad del Norte – Paraguay.

Inmediato Ghetti, M. Docente de la carrera de Fisioterapia y Kinesiología - Universidad del Norte – Paraguay.

### **Resumen**

Las lesiones de rodilla, en particular las del ligamento cruzado anterior (LCA), son comunes en deportes que implican giros, saltos y cambios rápidos de dirección (1). Estas lesiones pueden tener un impacto significativo en la carrera deportiva y la calidad de vida (2). Por ello, la prevención basada en ejercicios específicos se ha consolidado como una estrategia efectiva para reducir su incidencia (3,4). Los programas de prevención incluyen ejercicios de fortalecimiento muscular, entrenamiento propioceptivo, técnicas de aterrizaje y cambios de dirección adecuados, y ejercicios de equilibrio y coordinación (3,5). La evidencia científica respalda que la implementación regular y sistemática de estos programas, especialmente en jóvenes y atletas, disminuye significativamente la tasa de lesiones de LCA y otras lesiones de rodilla (4,6). Además, la prevención requiere un enfoque multidimensional que incluye educación, técnica adecuada y supervisión profesional (5). La clave está en integrar estos ejercicios dentro de la rutina de entrenamiento habitual para lograr una adaptación neuromuscular que permita mayor estabilidad articular y control del movimiento (3). Por último, la adherencia al programa es fundamental para obtener resultados positivos a largo plazo (7), y se recomienda su aplicación en diferentes niveles deportivos para maximizar la prevención.

**Palabras clave:** Lesiones del Ligamento Cruzado Anterior. Ejercicio Físico. Entrenamiento de Fuerza.

### **INTRODUCCIÓN**

Las lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) representan una de las patologías más frecuentes y graves dentro del ámbito deportivo, especialmente en disciplinas que implican movimientos bruscos como giros, cambios de dirección, saltos y desaceleraciones (1,8). Estas lesiones no solo requieren largos períodos de rehabilitación y recuperación, sino que también pueden tener consecuencias funcionales y psicológicas a largo plazo, además de un alto costo médico y social (2,9).

Ante esta realidad, la prevención de lesiones ha cobrado una creciente importancia en la medicina deportiva y en la fisioterapia. En particular, los programas basados en ejercicios han demostrado ser una herramienta eficaz para reducir la incidencia de lesiones de rodilla, incluyendo las del LCA (4,6). Estos programas se enfocan en mejorar el control neuromuscular, la fuerza muscular, la estabilidad articular y la técnica de movimiento, con el objetivo de preparar al deportista para las exigencias físicas de su disciplina (3,5).

La guía de práctica clínica actualizada en 2023 y publicada por el Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy (JOSPT), desarrollada por un panel de expertos internacionales, proporciona recomendaciones basadas en la evidencia sobre los componentes clave de los programas de prevención de lesiones de rodilla, su aplicación práctica y su efectividad en diferentes contextos deportivos (5). Este trabajo tiene como objetivo analizar y resumir dichas recomendaciones junto con otra evidencia relevante, resaltando su importancia para la práctica clínica y el entrenamiento físico, así como promover su implementación en programas deportivos y escolares.

## **Preguntas de investigación**

### *Pregunta general*

¿Cuál es la efectividad de los programas de prevención basados en ejercicios para reducir el riesgo de lesiones de rodilla y del ligamento cruzado anterior en población deportiva según la evidencia científica actual?

### *Preguntas específicas*

1. ¿Qué componentes deben incluir los programas de ejercicios para prevenir lesiones de rodilla y del LCA de forma efectiva?
2. ¿En qué grupos poblacionales o contextos deportivos son más efectivos estos programas preventivos?
3. ¿Cuál es la frecuencia, duración y progresión recomendada de estos programas de prevención?
4. ¿Qué barreras existen para la implementación de programas preventivos en el ámbito deportivo o escolar?

## **Objetivo general**

Analizar la evidencia científica actual sobre la efectividad de los programas de prevención basados en ejercicios para reducir el riesgo de lesiones de rodilla, en especial del ligamento cruzado anterior, en contextos deportivos.

## **Objetivos específicos**

1. Identificar los componentes esenciales que debe incluir un programa de prevención de lesiones de rodilla.
2. Describir las características de implementación (frecuencia, duración, progresión) recomendadas para dichos programas.
3. Determinar en qué poblaciones o deportes se ha demostrado mayor efectividad preventiva.
4. Examinar las principales barreras y facilitadores para la aplicación de estos programas en la práctica real.

## **Justificación**

Las lesiones del ligamento cruzado anterior representan un problema de salud frecuente en la población deportista, afectando tanto el rendimiento como la calidad de vida a corto y largo plazo (1,2). La prevención basada en ejercicios ha mostrado resultados positivos en múltiples estudios (4,6), pero su aplicación práctica aún enfrenta desafíos importantes, como la falta de conocimiento, adherencia o recursos (7,10). Por ello,

resulta fundamental recopilar, analizar y difundir información basada en evidencia que permita diseñar e implementar programas preventivos efectivos. Este trabajo busca facilitar la toma de decisiones informadas por parte de profesionales de la salud, entrenadores y responsables de programas deportivos o escolares, con el fin de reducir la incidencia de lesiones de rodilla y sus consecuencias.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### *Diseño del estudio*

Se realizó una revisión bibliográfica narrativa de la literatura científica.

### *Estrategia de búsqueda y selección de estudios*

Se realizó una búsqueda de literatura en bases de datos electrónicas, incluyendo PubMed/MEDLINE, Scopus y Google Scholar. Los términos de búsqueda incluyeron combinaciones de: "knee injury prevention", "anterior cruciate ligament injury prevention", "exercise programs", "neuromuscular training", "sports", "athletes". La búsqueda se centró en artículos publicados principalmente entre 2018 y 2024 para capturar la evidencia más reciente, aunque se consideraron estudios seminales anteriores si eran relevantes. Se dio especial atención a la guía de práctica clínica de 2023 sobre prevención de lesiones de rodilla y LCA publicada en el JOSPT (5).

### *Criterios de inclusión y exclusión*

Se incluyeron revisiones sistemáticas, metaanálisis, guías de práctica clínica, ensayos controlados aleatorizados y estudios prospectivos que evaluaran la efectividad de programas de prevención basados en ejercicio para lesiones de rodilla y/o LCA en poblaciones deportistas. Se excluyeron estudios de opinión, cartas al editor, estudios en animales y aquellos no disponibles en texto completo en inglés o español.

### *Extracción y síntesis de la evidencia*

De los artículos seleccionados, se extrajo información relevante sobre: componentes de los programas preventivos, población estudiada, tipo de deporte, diseño del programa (frecuencia, duración, progresión), efectividad (reducción de tasas de lesión) y barreras/facilitadores para la implementación. La información fue sintetizada de forma narrativa para abordar los objetivos de la revisión.

### *Conducta ética de la investigación*

Esta investigación se basa en el análisis de publicaciones científicas disponibles públicamente. Se ha respetado la propiedad intelectual de los autores originales mediante la correcta citación de las fuentes. No se involucró directamente a pacientes ni se manejaron datos confidenciales. El contenido de esta revisión refleja la interpretación de los autores sobre la literatura científica consultada.

## **RESULTADOS**

La revisión de la evidencia publicada, incluyendo la guía JOSPT 2023 (5) y otros estudios relevantes (4,6,7), revela que los programas de prevención basados en

ejercicios continúan demostrando una alta efectividad en la reducción de lesiones de rodilla, especialmente del ligamento cruzado anterior (LCA), en poblaciones deportivas.

Los programas efectivos comparten ciertos componentes clave: ejercicios de fortalecimiento (especialmente fortalecimiento proximal de cadera y tronco, y excéntrico de isquiotibiales), ejercicios pliométricos (entrenamiento de salto y aterrizaje), entrenamiento de agilidad con énfasis en la técnica de corte y cambio de dirección, y entrenamiento de equilibrio y propiocepción (3,5). Se destaca que los programas deben realizarse idealmente como un calentamiento dinámico, al menos dos a tres veces por semana, con sesiones de 15-20 minutos o más, y un volumen semanal mayor a 30 minutos (5). Es crucial que se inicien en la pretemporada y se mantengan durante toda la temporada competitiva (5).

Entre los programas con mayor respaldo científico se encuentran el programa PEP (Prevent Injury and Enhance Performance), FIFA 11+, Knäkontroll, Harmoknee y Sportsmetrics (5,11). Estos han demostrado beneficios en atletas jóvenes, especialmente mujeres menores de 18-20 años, y en deportes de alto riesgo como fútbol, balonmano y baloncesto (4,5).

Un metaanálisis de Webster y Hewett (2018) que incluyó múltiples metaanálisis previos, encontró una reducción del riesgo de lesiones de LCA de aproximadamente el 50% en general, y hasta un 67% en lesiones sin contacto en mujeres atletas que participaron en programas de prevención neuromuscular (6). Asimismo, estudios observacionales como el de Omi et al. (2018) mostraron que una alta adherencia (superior al 80-85%) a los programas de prevención se asoció directamente con menores tasas de lesión (7).

A pesar de estos hallazgos positivos, la guía JOSPT (5) y otras revisiones (10) señalan que persisten brechas de conocimiento en cuanto a la dosis-respuesta óptima para poblaciones específicas y estrategias de implementación sostenible, particularmente en contextos escolares y amateurs, así como la mejora de la adherencia a largo plazo.

## DISCUSIÓN

Los hallazgos revisados confirman de manera consistente la efectividad de los programas de prevención basados en ejercicios para reducir la incidencia de lesiones de rodilla, particularmente del ligamento cruzado anterior (LCA), en poblaciones deportivas, con especial énfasis en atletas jóvenes y aquellos que participan en deportes de alto riesgo (4,5,6). La evidencia actual, incluyendo la guía JOSPT 2023 (5), refuerza los resultados de investigaciones previas y proporciona recomendaciones más detalladas sobre los componentes, la frecuencia y la duración óptima de estos programas.

Un aspecto relevante es la consolidación del rol de una combinación de ejercicios de fuerza, pliometría, agilidad, equilibrio y control neuromuscular como ejes centrales de las intervenciones exitosas (3,5). Esto sugiere una transición de programas genéricos hacia propuestas más estructuradas, basadas en principios biomecánicos y fisiológicos. La inclusión de ejercicios de fuerza excéntrica, especialmente para isquiotibiales, y el fortalecimiento de la musculatura de la cadera y el core reflejan un avance en la comprensión del rol protector de la cadena cinética para la articulación de la rodilla (5).

Sin embargo, uno de los principales desafíos identificados sigue siendo la implementación efectiva y la adherencia en el entorno real (7,10). A pesar de la alta eficacia demostrada en estudios controlados, la adherencia a largo plazo en contextos escolares, recreativos y amateurs a menudo es subóptima (10). Esto podría deberse a factores como la falta de tiempo percibida, el desconocimiento de los beneficios, el escaso compromiso de entrenadores o la ausencia de políticas deportivas institucionales que fomenten y apoyen estos programas (5,10).

Asimismo, aunque la evidencia es robusta para atletas jóvenes, se observa una necesidad de más investigación sobre la efectividad y adaptación de estos programas en atletas mayores y en una gama más amplia de disciplinas deportivas (5). También se requiere mayor evidencia sobre la dosis-respuesta ideal para diferentes subgrupos, el mantenimiento a largo plazo de los beneficios, y la personalización de los programas según el nivel de riesgo individual y las demandas específicas del deporte (5).

En conclusión, si bien la prevención de lesiones de rodilla mediante ejercicios ha alcanzado una base científica sólida (4,5,6), el énfasis futuro debe centrarse en estrategias de implementación sostenibles y adaptadas a distintos contextos. La educación continua de entrenadores, profesionales de la salud, deportistas y padres es fundamental para mejorar la adopción y adherencia a estos programas preventivos, maximizando así su impacto en la salud pública y deportiva.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Montalvo AM, Schneider DK, Webster KE, Yut L, Galloway MT, Heidt RS Jr, et al. "The ACL Problem": A Global Public Health Issue in Pediatric and Adolescent Athletes. *J Athl Train*. 2019;54(5):457-460.
2. Ardern CL, Webster KE, Taylor NF, Feller JA. Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: a systematic review and meta-analysis of the state of play. *Br J Sports Med*. 2011;45(7):596-606.
3. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS Jr, Colosimo AJ, McLean SG, et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *Am J Sports Med*. 2005;33(4):492-501.
4. Sugimoto D, Myer GD, McKeon JM, Hewett TE. Evaluation of the effectiveness of neuromuscular training to reduce anterior cruciate ligament injury in female athletes: a critical review of randomised controlled trials. *Br J Sports Med*. 2012;46(13):979-88.
5. Arundale AJH, Capin JJ, Smith HC, Noehren B, Hewett TE, Marshall SW, et al. Exercise-Based Knee and Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention: Clinical Practice Guidelines Linked to the International Classification of Functioning, Disability and Health From the Academy of Orthopaedic Physical Therapy and the American Academy of Sports Physical Therapy of the American Physical Therapy Association. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2023;53(9):CPG1-CPG59.
6. Webster KE, Hewett TE. Meta-analysis of meta-analyses of anterior cruciate ligament injury prevention programs. *J Orthop Res*. 2018;36(10):2696-2708.
7. Omi Y, Senga S, Akiyama T, Kanamori A, Mae T, Nakata K. High adherence to a neuromuscular training program is associated with a low incidence of anterior cruciate ligament injury in female high school athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2018;26(9):2571-2577.

8. Sanders TL, Maradit Kremers H, Bryan AJ, Larson DR, Dahm DL, Levy BA, et al. Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tears and Reconstruction: A 21-Year Population-Based Study. *Am J Sports Med.* 2016;44(6):1502-7.
9. Paterno MV. The Long-Term Impact of an ACL Injury. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2020;50(11):592-593.
10. White K, Finch CF, Donaldson A. Barriers and enablers to the implementation of injury prevention programmes in community sport: A qualitative systematic review and meta-synthesis. *Sports Med.* 2020;50(6):1109-1125.
11. LaBella CR, Huxford MR, Grissom J, Kim KY, Peng J, Christoffel KK. Effect of neuromuscular warm-up on injuries in female soccer and basketball athletes in urban public high schools: cluster randomized controlled trial. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2011;165(11):1033-40.