

UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA



TRABAJO FINAL DE CARRERA

Especialización en Kinesiología Deportiva

Título: “Efectos del entrenamiento pliométrico en la rehabilitación del ligamento cruzado anterior en futbolistas: una revisión narrativa”



Estudiante: Lic. Carlos Facundo Valenzuela

Tutor: Lic. Jorge Fernández

ÍNDICE

Tabla de contenido

INTRODUCCION	3
Marco teórico	3
Justificación	6
Pregunta de investigación	6
OBJETIVOS	6
Objetivo general	6
Objetivos específicos	6
METODOLOGÍA	7
Estrategia de búsqueda	7
Diseño de estudio	7
Criterios de inclusión	7
Criterios de exclusión	8
Resultados	9
Conclusiones	23
Consideraciones éticas y legales	23
REFERENCIAS	24



INTRODUCCIÓN

Los deportes de carácter táctico, como el fútbol, se desarrollan en contextos altamente dinámicos que exigen una combinación de habilidades motoras complejas, tales como cambios de dirección, pivoteos y saltos. Estas acciones implican una elevada demanda funcional sobre los miembros inferiores, lo que incrementa significativamente el riesgo de lesiones articulares, especialmente en la articulación de la rodilla.

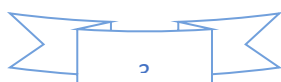
En este contexto, el entrenamiento pliométrico se ha consolidado como una estrategia eficaz para mejorar tanto la fuerza como el rendimiento en tareas de sprint. Este tipo de entrenamiento, ampliamente respaldado por la literatura científica, se basa en ejercicios de salto que emplean el ciclo de estiramiento-acortamiento (SSC, por sus siglas en inglés). Dicho ciclo mejora la capacidad del sistema neuromuscular para generar fuerza máxima en un intervalo de tiempo reducido. La inclusión de saltos unilaterales y bilaterales de alta intensidad ha demostrado inducir mejoras sustanciales en el rendimiento físico, al incrementar la activación neuromuscular, la fuerza y la potencia. En particular, las acciones musculares excéntricas desempeñan un papel crucial dentro del SSC, optimizando la eficiencia de la contracción muscular durante tareas explosivas (1).

Marco Teórico

Epidemiología de la Lesión del Ligamento Cruzado Anterior (LCA)

La rotura del ligamento cruzado anterior (LCA) representa una de las lesiones más comunes en la población deportista, afectando aproximadamente a 250.000 personas al año en Estados Unidos. Esta lesión se presenta con mayor frecuencia en atletas jóvenes, para quienes la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (rLCA) constituye el procedimiento estándar cuando se busca el retorno a la práctica deportiva. Se estima que anualmente se realizan cerca de 100.000 intervenciones quirúrgicas de este tipo (2).

A pesar de la intervención quirúrgica y la rehabilitación, el retorno al nivel deportivo previo no siempre se alcanza. Estudios recientes indican que solo el 69% de los pacientes logran volver a su nivel anterior de actividad, y apenas un



33% lo hacen a nivel competitivo (2). Además, existe una alta tasa de recidiva, con una incidencia de re-lesión que puede oscilar entre el 10% y el 30% según diversos estudios (3). De hecho, se ha reportado que, a los 24 meses post-cirugía, el riesgo de sufrir una nueva lesión es hasta seis veces mayor en comparación con personas sin antecedentes de lesión.

El fútbol, considerado el deporte más practicado a nivel mundial (con más de 265 millones de jugadores), registra una alta incidencia de lesiones del LCA, al igual que otras disciplinas que involucran cambios rápidos de dirección, saltos y giros. Se estima que aproximadamente el 87% de las lesiones en el fútbol afectan a las extremidades inferiores, y cerca del 20% comprometen específicamente la articulación de la rodilla. Las lesiones del LCA representan alrededor del 5% del total de lesiones en este deporte, con una prevalencia de dos a tres veces mayor en mujeres en comparación con hombres (4).

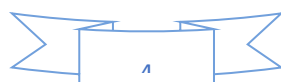
Entrenamiento Pliométrico en la Rehabilitación de la RLCA

El entrenamiento pliométrico ha sido ampliamente valorado como una herramienta esencial dentro de los programas de rehabilitación posteriores a una rLCA. Los ejercicios pliométricos se basan en el ciclo de estiramiento-acortamiento, un fenómeno biomecánico que involucra el alargamiento rápido de una unidad músculo-tendinosa, seguido de una contracción concéntrica inmediata. Esta metodología ha sido empleada durante décadas para optimizar el rendimiento deportivo explosivo, como la velocidad y la altura de salto, y se considera un enfoque altamente efectivo debido a sus beneficios sobre el control neuromuscular y el desarrollo de habilidades motoras (5).

Justificación

Las lesiones del ligamento cruzado anterior son una de las lesiones de rodillas más graves.

La reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA) es un procedimiento común en la medicina deportiva, sin embargo, la evidencia sugiere que los atletas enfrentan un riesgo considerable de problemas de salud a largo plazo



tras esta intervención. En los dos años posteriores a la cirugía, se estima que entre el 10% y el 25% de los pacientes experimentan fallos en el injerto o lesiones en el LCA contralateral (6). Esto subraya la necesidad de estrategias efectivas para mitigar el riesgo de lesiones secundarias.

Un componente crítico en la prevención de lesiones posteriores radica en la mejora de la fuerza y el control motor dinámico. Estos factores son fundamentales para la estabilidad articular y pueden ser optimizados mediante ejercicios específicos, como la pliometría.

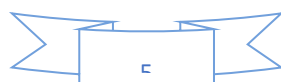
Esta metodología, al aprovechar el ciclo de estiramiento-acortamiento, fomenta adaptaciones neuronales y coordinativas que fortalecen la capacidad de respuesta del atleta ante demandas físicas.

La pliometría se reconoce por su capacidad para mejorar diversas aptitudes físicas, tales como los patrones de movimiento, el equilibrio, la agilidad, la propiocepción y la coordinación intra e intermuscular (7).

Estas mejoras contribuyen a alcanzar niveles óptimos de estabilidad articular, especialmente en la rodilla, lo que resulta crucial en la evaluación del deportista. A través de este análisis, se busca entender cómo estas adaptaciones pueden facilitar el retorno a la actividad deportiva tras una lesión de ligamento cruzado anterior (7).

A pesar de la importancia de la rehabilitación, estudios recientes como los de Niederer D et al, indican que menos de la mitad de los atletas logra alcanzar los umbrales necesarios para las capacidades funcionales predicativas de un mayor riesgo de lesión al término de la rehabilitación formal. Esto sugiere que la recuperación funcional completa puede no alcanzarse simplemente con el protocolo de rehabilitación estándar. Por ende, se plantea la necesidad de incorporar un entrenamiento adicional específico para el deporte, o de prolongar la rehabilitación más allá de lo establecido médicamente, con el objetivo de facilitar una readaptación efectiva a la práctica deportiva.

Este estudio comparó un programa de rehabilitación extendido, que incluía solo 10 sesiones de fortalecimiento progresivo, agilidad y pliometría, con la atención habitual, no reveló diferencias significativas en los resultados clínicos y



funcionales. Sin embargo, los autores concluyeron que, para abordar las asimetrías restantes, son necesarias intervenciones adicionales. Esto coincide con la conclusión de una revisión de alta calidad que destaca una brecha en nuestra comprensión sobre cómo optimizar los resultados post-lesión del LCA. En este contexto, la rehabilitación a largo plazo, centrada en restaurar el rendimiento neuromuscular explosivo (pliometría) y minimizar déficits en la calidad del movimiento, emerge como una estrategia prometedora y necesaria. (8).

La Pregunta de Investigación

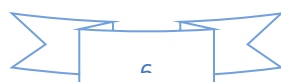
¿Cuáles son los efectos del entrenamiento pliométrico en la rehabilitación funcional de futbolistas con lesión del ligamento cruzado anterior (LCA)?

Objetivo General

El presente trabajo de investigación se centra en llevar a cabo una revisión narrativa, con el fin de establecer cuáles son los efectos del entrenamiento pliométrico en la rehabilitación funcional de futbolistas con lesión del ligamento cruzado anterior (LCA)

Objetivos específicos

- 1- Describir la efectividad de la pliometría en las adaptaciones neuromusculares durante el proceso de rehabilitación del LCA y la vuelta al deporte.
- 2- Identificar que técnicas complementarias al entrenamiento pliométrico son utilizadas en la rehabilitación post-RLCA y analizar su contribución.



METODOLOGÍA

Diseño de estudio

Revisión narrativa.

Estrategia de búsqueda bibliográfica:

Para Pubmed utilicé el generador de búsquedas avanzadas, donde se utilizaron los términos MESH: rip cruciate ligament knee, plyometrics, prevention, rehabilitation sports, cardiac y combinados con operadores booleanos AND, OR, NOT. Los MESH y los booleanos se combinaron de la siguiente manera: rip cruciate ligament knee AND Futbol AND plyometrics AND rehabilitation OR rehabilitation sports NOT cardiac. De esta búsqueda se obtuvieron 28937 resultados estudios.

También se utilizaron filtros para resultados más específicos.

Las palabras claves utilizadas fueron: prevención; rehabilitación; pliometría; plyometrics; ejercicios; Ligamento cruzado anterior; anterior cruciate ligament; lesión de ligamento cruzado anterior; anterior cruciate ligament injury; entrenamiento pliométrico; plyometric training; readaptación al deporte, readaptation to sport NOT pathological.

Orientando la búsqueda a los últimos 10 años quedaron 3755 estudios.

La información fue recolectada de acuerdo a ciertos criterios de inclusión y exclusión, los idiomas en los que se realizó la búsqueda incluyen el español, inglés y portugués. Al final de la valoración y análisis se tomaron en cuenta 10 artículos para la presentación del trabajo final.

Criterios de inclusión

Se incluyeron artículos y publicaciones provenientes de revistas científicas. Con fecha de publicación a partir del 2015 hasta el 2024. Publicados en idioma español, inglés y portugués. Relacionados con temas de la rehabilitación de rodilla en lesiones del LCA en el fútbol.

Criterios de exclusión

Se excluyeron investigaciones cuya muestra no esté relacionada al ámbito deportivo y que los artículos no presenten el texto completo disponible o por falta de relevancia al tema de investigación o estudios que incluyan otras lesiones concomitantes con la del LCA.

Problema de Investigación

"Los aportes del ejercicio pliométrico en la rehabilitación de lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) en futbolistas."



RESULTADOS

Resumen de estudios científicos sobre rehabilitación y entrenamiento

<i>Titulo</i>	<i>Autor y año</i>	<i>Muestra</i>	<i>Tipo de Estudio</i>	<i>Objetivos</i>	<i>Resultados</i>	<i>Conclusión</i>
Efectos del entrenamiento pliométrico y direccional sobre la velocidad y el rendimiento de salto en futbolistas jóvenes de élite	Beato, Marco; Bianchi, Mattia; Coratella, Giuseppe; Merlini, Michele; Druzy, Barry. 2018	21 jugadores	Ensayo Controlado aleatorizado	Este estudio analizó el efecto de un protocolo complejo de COD y pliométrico (CODJ-G) en comparación con un protocolo de entrenamiento de COD aislado (COD-G) en jugadores de fútbol de élite.	Se encontraron diferencias significativas dentro del grupo, con efectos positivos para CODJ-G en todas las pruebas de salto a las pruebas de sprint de 10, 30 y 40 m.	Este estudio mostró que es ligeramente más beneficioso combinar diferentes modalidades pliométricas (saltos verticales y horizontales) con COD que usar solo una única modalidad de entrenamiento de forma aislada (COD).
Effects of Eccentric-Oriented Strength Training on Return to	Stojanović MDM, Andrić N, Mikić M, Vukosav N,	134 jugadores	Diseño longitudinal intersujeto	El objetivo de este estudio fue comparar los efectos de 6 semanas de	Los resultados de nuestro estudio mostraron una mayor eficacia de los	El entrenamiento de fuerza orientado a la excéntrica-concéntrico (pliometría) parece ser una herramienta potente

	Vukosav B, Zolog- Șchiopea DN, Tăbăcar M, Melinte RM. 2023			entrenamiento de fuerza orientado a la excéntrica-concéntrico (pliométrico) vs. el entrenamiento de fuerza tradicional durante la fase tardía de rehabilitación del LCA en la fuerza de la pierna y el rendimiento de salto vertical y horizontal en atletas profesionales de deportes de equipo, como el fútbol.	programas de rehabilitación excéntrica que los tradicionales en el rendimiento de la pierna lesionada	para producir mejoras en los resultados de rendimiento deportivo para el retorno de los atletas profesionales de deportes de equipo en la rehabilitación del ligamento cruzado anterior (LCA)
Un programa de prevención de lesiones secundarias puede disminuir las lesiones del ligamento	Jessica L Johnson, Jacob J Capin, Amelia JH	40 jugadores	Ensayo controlado aleatorio	Determinar si la adición de entrenamiento de perturbación a un programa de	Se produjeron nueve segundas lesiones del LCA en los dos años posteriores a la RLCA. No se	Si bien la adición de entrenamiento de perturbación a un programa de prevención de lesiones secundarias no parece tener beneficios para

cruzado anterior (LCA) contralateral en atletas femeninas: tasas de lesiones a 2 años en el ensayo de control aleatorio ACL-SPORTS	Arundale, Ryan Zarzycki, Angela H Smith, Lynn Snyder-Mackler. 2020			prevención de lesiones secundarias redujo la tasa de segundas lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) en comparación con el programa de prevención solo.	observó una diferencia estadísticamente significativa en la frecuencia ni en el lado de las segundas lesiones del LCA entre los grupos	las atletas femeninas, las participantes en el programa de entrenamiento ACL-SPORTS que incluyen la acción muscular del ciclo de estiramiento- acortamiento (Pliometría) mejoran la capacidad de los sistemas neurales y músculo tendinoso.
Rehabilitación en etapa avanzada tras la reconstrucción del ligamento cruzado anterior: un ensayo controlado aleatorizado multicéntrico	Niederer D, Keller M, Schüttler KF, Schoepp C, Petersen W, Best R, Mengis N, Mehl J, Krause M, Jakob S, Wießmeier M, Vogt L,	241 jugadores	Ensayo clínico prospectivo	Comparar la adherencia y la eficacia de un programa de rehabilitación en etapa avanzada con la atención habitual después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA).	Se analizaron 112 participantes. Al final de la intervención, el 79 % de los participantes del grupo Stop-X y el 70 % de los participantes del grupo de atención habitual ($p < 0,05$) habían regresado con éxito a su tipo y	La intervención Stop-X(incluye pliometría) fue ligeramente superior a la atención habitual como parte de la rehabilitación en etapa avanzada tras la reconstrucción del LCA. Este pequeño beneficio podría justificar su uso tras la finalización de la rehabilitación formal.

	Pinggera L, Guenther D, Ellermann A, Efe T, Groneberg DA, Behringer M, Stein T 2024				nivel deportivo previos a la lesión.	
Efectos del entrenamiento pliométrico frente al entrenamiento de fuerza sobre la fuerza, el sprint y el rendimiento funcional en jugadores de fútbol: un ensayo controlado aleatorio	Shahnaz Hasan- 2023	90 jugadores	Ensayo controlado aleatorio	Este estudio tuvo como objetivo comparar los efectos del entrenamiento pliométrico de 8 semanas de duración con el entrenamiento de fuerza sobre la fuerza muscular del cuádriceps, el sprint y el rendimiento funcional de las	El presente estudio mostró mejoras significativas en el IS del músculo cuádriceps, ST y SLTH en los tres grupos. Sin embargo, las mayores mejoras se observaron en el STG, seguido del PTG y luego el CG. el movimiento	De acuerdo con los resultados del presente estudio, investigaciones previas han demostrado que el rendimiento y la fuerza de los atletas varones adultos jóvenes se pueden aumentar de forma efectiva. Se ha informado que los ejercicios pliométricos mejoran el rendimiento en la carrera, el sprint, la fuerza de las piernas y la potencia

				extremidades inferiores en futbolistas. El estudio planteó la hipótesis de que existe una diferencia significativa entre el entrenamiento pliométrico y el convencional.	excéntrico y concéntrico porque mejoran las funciones de los nervios, tendones y músculos. El aumento de la potencia física de los atletas les permite golpear más fuerte, saltar más alto y correr más rápido. También aprenden habilidades específicas, como la forma de protegerse de las lesiones. Las mejoras posteriores a la fisioterapia pueden ser resultado de adaptaciones neuromusculares,	muscular en futbolistas, la coordinación intra e intermuscular, lo cual brinda mayor estabilidad articular.
--	--	--	--	---	---	--

					como una mejor coordinación intermuscular, un mejor impulso neural a los músculos.	
El entrenamiento neuromuscular mejora los déficits biomecánicos de la rodilla en atletas sometidos a reconstrucción del ligamento cruzado anterior.	Nagelli CV, Wordeman SC, Di Stasi S, Hoffman J, Marulli T, Hewett TE 2021	18 jugadores	Estudio de cohorte	El objetivo principal de este estudio fue cuantificar el efecto de un programa de NMT en la biomecánica de la rodilla en una cohorte de atletas con LCA.0 En segundo lugar, se comparó la biomecánica de la rodilla tras el entrenamiento entre la cohorte de jugadores con LCA y la de control.	Se observó un efecto principal significativo de la sesión de prueba biomecánica ($p < 0,05$) en el ángulo y los momentos de flexión de la rodilla; los jugadores con RLCA mostraron un mayor ángulo de flexión de la rodilla y un menor momento de flexión durante la sesión de prueba biomecánica posterior al entrenamiento.	Los atletas con RLCA demostraron una mejora significativa en la biomecánica de la rodilla en el plano sagital tras completar el programa de NMT. (incluye entrenamiento pliométrico)

Ejercicio pliométrico de baja y alta intensidad durante la rehabilitación tras la reconstrucción del ligamento cruzado anterior	Chmielewski TL, George SZ, Tillman SM- 2016	24 jugadores	Ensayo controlado aleatorio	Comparar el efecto inmediato del ejercicio pliométrico de baja y alta intensidad durante la rehabilitación después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA) sobre la función de la rodilla, el metabolismo del cartílago articular y otras medidas clínicamente relevantes.	aumento de la puntuación IKDC, la altura del salto vertical, la fuerza normalizada del cuádriceps, el índice de simetría del cuádriceps y la autoeficacia para la actividad de la rodilla, así como la disminución de la intensidad media del dolor de rodilla.	No se detectaron diferencias significativas entre los grupos de ejercicio pliométrico de baja y alta intensidad. En ambos grupos, el ejercicio pliométrico indujo cambios positivos en la función de la rodilla, las alteraciones de la rodilla y el estado psicosocial, lo que favorecería la reincorporación a la actividad deportiva tras la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA).
Preparación física y retorno al rendimiento de una futbolista de élite tras la	Matt Taberner, Nicol van Dyk, Tom	1 caso clínico	Caso Clínico	Considerar, e idealmente cuantificar, la variabilidad entre las	A los 10 meses después de la cirugía (semanas 17-23 en el campo) y 13	Con el objetivo inicial de facilitar la vuelta a la carrera en la cancha, la carga óptima progresiva se centró en los

reconstrucción del ligamento cruzado anterior: un viaje a la Copa Mundial Femenina de la FIFA	Allen, Neil Jain, Chris Richter, Barry Drust, Esteban Betancur, Daniel D Cohen 2020			exigencias competitivas del jugador, su respuesta cognitiva, neuromuscular y mecánica a la lesión, y la consiguiente descarga y la respuesta posterior a los componentes de recarga aplicados durante el proceso de rehabilitación	semanas después del primer partido de la Copa Mundial de su país, reanudó el entrenamiento completo sin restricciones.	déficits neuromusculares. Estos incluyeron una combinación de ejercicios de ciclo de estiramiento-acortamiento (SSC-Pliometría), reconocidos tras una RLCA y en las estrategias de prevención, especialmente en la desaceleración y la absorción de carga. A los 13 meses después de la cirugía (semanas 28-29 en el campo), la jugadora hizo realidad su ambición a largo plazo de jugar 90 min en el primer partido de la Copa del Mundo
EFFECT OF REHABILITATION TRAINING ON CRUCIATE LIGAMENT INJURY	Chuan Shu, Liming Han, Haochuan. 2022	40 jugadores	Ensayo controlado aleatorio	Observar el efecto de un entrenamiento de rehabilitación abarcativa para recuperar la función de la rodilla después	Tres meses después del entrenamiento, la amplitud de la flexión y de la extensión de la rodilla activa en el grupo observación	Entrenamiento sistemático de rehabilitación puede reducir dolor e inflamación y mejorar la función de la articulación de la rodilla después de la operación. Nivel de evidencia

				de reconstrucción del ligamento cruzado anterior.	estaban mejores que en el grupo control. La puntuación en la escala de Lysholm, para el grupo observación, fue mayor que para el grupo control, con diferencia estadísticamente significativa.	II; Estudios terapéuticos – investigación de resultados de tratamiento.
Rehabilitación acelerada para jugadores de fútbol tras la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA)	Mirela, D., Cosmin, D., Antoanela, O. y Dragos, T 2018	2 jugadores	Caso clínico	El objetivo de este estudio fue comparar la evolución del protocolo de rehabilitación postoperatoria (estándar y acelerada) tras la reconstrucción del ligamento cruzado anterior.	El estudio concluyó que el programa de entrenamiento redujo significativamente la tasa de lesiones del LCA	Los resultados del estudio muestran que la rehabilitación específica para futbolistas, el protocolo acelerado (B), puede proporcionar una recuperación funcional completa y acelerada. El jugador que se sometió a este protocolo obtuvo mejores resultados tras el programa de rehabilitación acelerada,

						ya que logra un mejor equilibrio y control neuromuscular progresando por los ejercicios pliométricos, que el jugador que siguió el protocolo estándar (A)
Rehabilitación innovadora de una rotura del ligamento cruzado anterior en un jugador de fútbol: Enfoque de la cadena muscular: un estudio de caso	Ortega-Prados, P.; González-Sánchez, M.; Galán-Mercant, A. 2018	1 caso clínico	Caso Clínico	El propósito de este estudio fue comparar la evolución de los protocolos de rehabilitación postoperatoria (estándar y acelerada) después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior.	Los resultados del estudio muestran que la rehabilitación específica para futbolistas, el protocolo acelerado puede proporcionar una recuperación funcional completa y acelerada.	El jugador que se sometió a este protocolo obtuvo mejores resultados tras el programa de rehabilitación acelerada que el jugador que siguió el protocolo estándar. Para acelerar el programa de rehabilitación, es necesario incluir objetivos generales (rango de movimiento, flexibilidad, normalización de la marcha, equilibrio, fuerza y resistencia muscular, propiocepción, capacidad cardiorrespiratoria) y objetivos específicos (entrenamiento pliométrico,

						control neuromuscular específico, mejora de las habilidades futbolísticas: velocidad, agilidad, coordinación, fuerza y acondicionamiento específico para el fútbol, Además, el protocolo de rehabilitación debe comenzar el primer día después de la cirugía.
--	--	--	--	--	--	---

Resultados

Objetivo general:

Establecer cuáles son los efectos del entrenamiento pliométrico en la rehabilitación funcional de futbolistas con lesión del ligamento cruzado anterior (LCA).

Resultados relevantes:

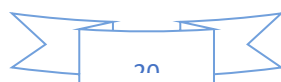
- El entrenamiento pliométrico mejora significativamente el rendimiento funcional en futbolistas post-RLCA, especialmente en fuerza de miembros inferiores, velocidad de sprint y capacidad de salto (Beato et al., Hasan et al.).
- La pliometría contribuye a una recuperación más rápida y efectiva cuando se incorpora en fases avanzadas de rehabilitación, favoreciendo el retorno al deporte (Niederer et al., Mirela et al.).
- Se observan beneficios en la estabilidad articular, reducción del dolor, y mejora en escalas funcionales como Lysholm e IKDC (Chmielewski et al., Shu et al.).
- La combinación de pliometría con entrenamiento excéntrico y direccional potencia los efectos positivos sobre la función de la rodilla y el rendimiento deportivo (Stojanović et al., Taberner et al.).

Objetivo específico:

Describir la efectividad de la pliometría en las adaptaciones neuromusculares durante el proceso de rehabilitación del LCA y la vuelta al deporte.

Resultados relevantes:

- La pliometría induce adaptaciones neuromusculares como:
 - Mejora en la coordinación intra e intermuscular.
 - Aumento de la excitabilidad del reflejo de estiramiento.
 - Incremento en la contracción voluntaria máxima.
 - Optimización de la biomecánica de la rodilla (Nagelli et al., Johnson et al.).
- Se reportan mejoras en el control motor dinámico, propiocepción y patrones de movimiento, lo que reduce el riesgo de re-lesión (Hasan et al., Ortega-Prados et al.).



- La pliometría, al ser integrada en programas de rehabilitación, mejora la respuesta neuromuscular ante tareas explosivas como saltos y cambios de dirección, esenciales en el fútbol competitivo.

Conclusión

Las lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) representan una problemática prevalente y compleja en el deporte, especialmente en disciplinas como el fútbol. Estas lesiones requieren no solo una intervención quirúrgica adecuada, sino también un abordaje rehabilitador integral que contemple tanto la restauración funcional como la prevención de recaídas (2,3,4).

En este contexto, el entrenamiento pliométrico ha demostrado ser una herramienta eficaz para mejorar la función neuromuscular, la estabilidad articular y el rendimiento deportivo. Su eficacia se basa en el aprovechamiento del ciclo de estiramiento-acortamiento (SSC), que induce respuestas propioceptivas y adaptaciones coordinativas a nivel neuromuscular. Estas respuestas generan contracciones concéntricas potentes, fundamentales para estabilizar la articulación de la rodilla durante tareas explosivas (1,5,6).

Estudios recientes destacan que la inclusión del entrenamiento neuromuscular y pliométrico, en etapas intermedias y avanzadas de la rehabilitación, puede corregir patrones de movimiento alterados, disminuir el riesgo de re-lesión y mejorar los indicadores funcionales, tales como la fuerza isométrica y los tests de salto (6,8–10,13). En particular, la combinación con ejercicios excéntricos y cambios de dirección ha demostrado potenciar las adaptaciones neuromusculares necesarias para el retorno deportivo seguro (9,10).

Además, se ha observado que los programas de rehabilitación estructurados en fases (básica, intermedia y avanzada), que incorporan progresivamente entrenamiento pliométrico, control neuromuscular y tareas funcionales específicas, optimizan los resultados clínicos y reducen el tiempo de retorno a la competencia (15,16).

Históricamente, los protocolos postquirúrgicos eran conservadores y prolongados. Actualmente, el enfoque moderno promueve una ****readaptación progresiva al deporte****, basada en la evaluación funcional individual, en lugar de tiempos estandarizados. Este paradigma reconoce que la estabilidad de la rodilla

no depende solo de los ligamentos, sino también del control muscular activo del cuádriceps, isquiotibiales y músculos periarticulares (11,14).

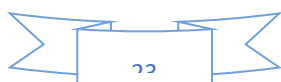
En definitiva, la evidencia respalda que el ejercicio pliométrico no solo mejora el rendimiento, sino que también contribuye a la prevención de nuevas lesiones mediante el fortalecimiento neuromuscular, el acondicionamiento específico y la readaptación funcional efectiva (7,12,13). Por lo tanto, su incorporación dentro de un programa de rehabilitación post-RLCA debe considerarse una estrategia clave en el proceso de retorno deportivo, especialmente en futbolistas.

Consideraciones éticas y legales

El presente estudio se realizó conforme a los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki y otras normativas internacionales sobre investigación. Al tratarse de una revisión de literatura previamente publicada, no se recopilaban datos personales ni se efectuaron intervenciones en seres humanos, garantizando así la privacidad y confidencialidad de la información analizada. El autor declara no presentar conflictos de interés que puedan influir en los resultados expuestos.

REFERENCIAS

1. Boyle M. *El entrenamiento funcional aplicado a los deportes*. Madrid: Tutor; 2017.
2. Ardern CL, Webster KE, Taylor NF, Feller JA. Return to the preinjury level of competitive sport after anterior cruciate ligament reconstruction surgery: two-thirds of patients have not returned by 12 months after surgery. *Am J Sports Med*. 2011;39(3):538–43. doi: [10.1177/0363546510384798](https://doi.org/10.1177/0363546510384798)
3. Paterno MV, Rauh MJ, Schmitt LC, Ford KR, Hewett TE. Incidence of second ACL injuries 2 years after primary ACL reconstruction and return to sport. *Am J Sports Med*. 2014;42(7):1567–73. doi: [10.1177/0363546514530088](https://doi.org/10.1177/0363546514530088)
4. Waldén M, Häggglund M, Werner J, Ekstrand J. The epidemiology of anterior cruciate ligament injury in football (soccer): a review of the literature from a gender-related perspective. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2011;19:3–10. doi: [10.1007/s00167-010-1172-7](https://doi.org/10.1007/s00167-010-1172-7)
5. Asadi A, Arazi H, Young WB, de Villarreal ESJ. Efectos del entrenamiento pliométrico en la capacidad de cambio de dirección: un metaanálisis. *Int J Sports Physiol Perform*. 2016;11(5):563–73. doi: [10.1123/ijsp.2015-0694](https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0694)
6. Johnson JL, Capin JJ, Arundale AJH, Zarzycki R, Smith AH, Snyder-Mackler L. A secondary injury prevention program may decrease contralateral anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year injury rates in the ACL-SPORTS randomized controlled trial. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2020;50(9):523–30. doi: [10.2519/jospt.2020.9407](https://doi.org/10.2519/jospt.2020.9407)
7. Niederer D, Keller M, Schüttler KF, Schoepp C, Petersen W, Best R, et al. Late-stage rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a multicentre randomised controlled trial (PReP). *Ann Phys Rehabil Med*. 2024;67(4):101827. doi: [10.1016/j.rehab.2024.101827](https://doi.org/10.1016/j.rehab.2024.101827)
8. Beato M, Bianchi M, Coratella G, Merlini M, Druzy B. Efectos del entrenamiento pliométrico y direccional sobre la velocidad y el rendimiento de salto en futbolistas jóvenes de élite. *J Strength Cond Res*. 2018;32(2):289–96. doi: [10.1519/JSC.0000000000002371](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002371)



9. 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 (Kaunas)*. 2023;59(6):1111. doi: [10.3390/medicina59061111](https://doi.org/10.3390/medicina59061111)
10. Hasan S. Effects of plyometric vs. strength training on strength, sprint, and functional performance in soccer players: a randomized controlled trial. *Sci Rep*. 2023;13(1):4256. doi: [10.1038/s41598-023-31375-4](https://doi.org/10.1038/s41598-023-31375-4)
11. 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. *Clin J Sport Med*. 2021;31(2):113–9. doi: [10.1097/JSM.0000000000000723](https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000723)
12. Chmielewski TL, George SZ, Tillman SM, et al. Ejercicio pliométrico de baja y alta intensidad durante la rehabilitación tras la reconstrucción del ligamento cruzado anterior. *Am J Sports Med*. 2016;44(3):609–17. doi: [10.1177/0363546515620583](https://doi.org/10.1177/0363546515620583)
13. Taberner M, van Dyk N, Allen T, Jain N, Richter C, Drust B, et al. Physical preparation and return to performance of an elite female football player following ACL reconstruction: a journey to the FIFA Women's World Cup. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2020;6:e000843. doi: [10.1136/bmjsem-2020-000843](https://doi.org/10.1136/bmjsem-2020-000843)
14. Shu C, Han L, Yang H. Effect of rehabilitation training on cruciate ligament injury. Nanchang (CN): Jiangxi Science and Technology Normal University; 2022.
15. Mirela D, Cosmin D, Antoanela O, Dragos T. Rehabilitación acelerada para futbolistas tras la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA). En: Lupu E, Niculescu G, Sabău E, eds. *Deporte, Educación y Psicología - icSEP 2018*. Eur Proc Soc Behav Sci. 2018;42:66–79. doi: [10.15405/epsbs.2018.06.02.8](https://doi.org/10.15405/epsbs.2018.06.02.8)
16. Ortega-Prados P, González-Sánchez M, Galán-Mercant A. Rehabilitación innovadora de una rotura del ligamento cruzado anterior en un jugador de



fútbol americano: enfoque de la cadena muscular: un estudio de caso. *J Clin Med*. 2025;14(14):4983. doi: [10.3390/jcm14144983](https://doi.org/10.3390/jcm14144983)

