

UNIVERSIDAD EUROPEA DE VALENCIA

Facultad de Ciencias de la Salud

Grado en Fisioterapia

Trabajo Fin de Grado

Curso 2025-2026

**Eficacia de los programas de prevención de lesiones
del ligamento cruzado anterior en futbolistas
adolescentes masculinos: una revisión bibliográfica.**



Autor

D. Aitor Luengo Castelló

Tutor

Dr. Jesús Adolfo Alarcón Gómez

Valencia, 2026

Índice

ÍNDICE DE ABREVIATURAS Y SU PAGINACIÓN	3
ÍNDICE DE TABLAS Y SU PAGINACIÓN	4
ÍNDICE DE FIGURAS Y SU PAGINACIÓN	5
ÍNDICE DE ANEXOS Y SU PAGINACIÓN	6
RESUMEN Y PALABRAS CLAVE/ ABSTRACT AND KEYWORDS	7
1. INTRODUCCIÓN	9
2. OBJETIVOS	12
2.1. Objetivo general	12
2.2. Objetivos específicos	12
3. METODOLOGÍA	13
3.1. Diseño del estudio	13
3.2. Estrategia de búsqueda bibliográfica	13
3.3. Diagrama de flujos	14
3.5. Análisis PICO	15
3.6. Criterios de inclusión	16
3.7. Criterios de inclusión	16
3.8. Proceso de selección de los estudios	16
3.9. Análisis y síntesis de los datos	16
4. RESULTADOS	17
4.1. Eficacia Clínica e Incidencia	17
4.2. Análisis Biomecánico y Neuromuscular	17
4.3. Características principales de los programas de prevención	29
4.4. Evaluación de los efectos de los programas de prevención sobre la incidencia	30
4.5. Evaluación de los efectos de los programas de prevención sobre los factores biomecánicos	30
4.6. Limitaciones metodológicas e implicaciones clínicas	31
5. DISCUSIÓN	33
5.1. Estructura de protocolos	33

5.2. El control del valgo dinámico	34
5.3. La fuerza excéntrica de los isquiosurales	35
5.4. El control lumbopélvico	36
5.5. La dosis y carga	36
5.6. Futuras líneas de investigación y propuesta práctica.....	37
5.7. Limitaciones	38
6. CONCLUSIONES	39
7. Bibliografía / Referencias.	40
8. Anexos.....	42

ÍNDICE DE ABREVIATURAS Y SU PAGINACIÓN

ACL Anterior Cruciate Ligament

CMJ Countermovement Jump

ENM Entrenamiento Neuromuscular

FIFA Fédération Internationale de Football Association

FPPA ángulo de proyección del plano frontal

LCA Ligamento Cruzado Anterior

LESS Landing Error Scoring System

MEDLINE Medical Literature Analysis and Retrieval System Online

MeSH Medical Subject Headings

NMT Tratamiento neuromuscular

PVC Pico de Velocidad de Crecimiento

ROM Range of Motion

RR Riesgo relativo

ÍNDICE DE TABLAS Y SU PAGINACIÓN

Tabla 1. Análisis PICO	15
Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión	16
Tabla 3. Resultados de Incidencia: Enfocada en la capacidad de las intervenciones para reducir el número total de roturas del LCA.....	18
Tabla 4. Resultados Biomecánicos: Enfocado en la evaluación, las mejoras técnicas y de control motor que el deportista adquiere.....	22
Tabla 5. Características principales de los programas de prevención.....	29
Tabla 6. Comparativa de Protocolos de Entrenamiento: Sugimoto y Grimm	33
Tabla 7. Comparativa de control del valgo dinámico.	34
Tabla 8. Propuesta protocolo preventivo.....	38
Tabla 9. Protocolo Propuesto con imágenes.	43
Tabla 10. Comparación protocolo convencional y propuesto	45
Tabla 11. Escala CR-10	47
Tabla 12. Cronograma semanal	47

ÍNDICE DE FIGURAS Y SU PAGINACIÓN

Figura 1. Tiempo medio de recuperación lesiones en el fútbol.....	9
Figura 2. Mecanismo lesional LCA.....	10
Figura 3. Diagrama de flujos (PRISMA)	14
Figura 4. Evaluación de estabilidad.	31
Figura 5. Test LESS.	32
Figura 6. Hoja de Evaluación de Padua.....	46

ÍNDICE DE ANEXOS Y SU PAGINACIÓN

Anexo 1. Fifa 11+	42
Anexo 2. Protocolo Propuesto con imágenes	43
Anexo 3. Comparación protocolo propuesto con protocolo convencional	45
Anexo 4. El Test LESS (Hoja de Evaluación de Padua)	46
Anexo 5. Escala Borg CR 0-10.....	46
Anexo 6. Cronograma semanal.....	47

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE/ ABSTRACT AND KEYWORDS

Introducción

Las lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) son una de las mayores amenazas para la carrera deportiva de los futbolistas jóvenes. A pesar de la existencia de programas estandarizados de prevención, las tasas de incidencia permanecen altas, sugiriendo la necesidad de una evolución metodológica. El objetivo de este estudio fue diseñar un protocolo de entrenamiento neuromuscular basado en la evidencia científica más reciente (2009-2026), integrando factores clave como el control del valgo dinámico, el fortalecimiento excéntrico y la optimización de la carga de entrenamiento.

Metodología

La metodología consistió en una revisión bibliográfica y un análisis crítico de metaanálisis y estudios clínicos. A partir de una muestra que supera los 60.000 deportistas, se identificaron las carencias de los modelos tradicionales frente a las demandas biomecánicas del fútbol real.

Resultados y discusión

Los resultados demuestran que la eficacia preventiva requiere una dosis mínima de 30 minutos semanales y una adherencia superior al 80%. Biomecánicamente, se confirma que el control lumbopélvico y el entrenamiento de salto reducen el valgo dinámico, mientras que cada incremento de 0.5 Nm/kg en la fuerza excéntrica optimiza la amortiguación del impacto en un 15%. Este protocolo de prevención de lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) se fundamenta firmemente en tres pilares mecánicos y metodológicos: en primer lugar, la corrección biomecánica del valgo dinámico con el fin de optimizar el control motor y reducir las fuerzas de impacto durante las recepciones y aterrizajes; en segundo lugar, el fortalecimiento excéntrico de la musculatura isquiotibial para mejorar la capacidad de frenado muscular y contrarrestar la traslación anterior de la tibia; y, por último, el trabajo específico de core buscando una sólida estabilidad lumbopélvica que absorba las cargas proximales. Todo ello articulado a través de una programación rigurosa y sistemática de al menos dos sesiones semanales, acumulando entre 15 y 20 minutos totales por microciclo, y condicionando su éxito clínico a una tasa de adherencia de la plantilla superior al 80%.

Conclusión

En conclusión, un enfoque eficaz debe ser multimodal y centrado en la dosis. La combinación de control del valgo, fuerza excéntrica y trabajo de core con perturbaciones ofrece una protección muy superior a los métodos tradicionales.

Palabras clave: LCA, Fútbol Base, Entrenamiento Neuromuscular, Valgo Dinámico, Fuerza Excéntrica, Dosis-Respuesta, Prevención de Lesiones.

Introduction

Anterior cruciate ligament (ACL) injuries represent one of the greatest threats to the athletic careers of young soccer players. Despite the existence of standardized prevention programs, incidence rates remain high, indicating a need for methodological evolution. The objective of this study is to design a neuromuscular training protocol based on the most recent scientific evidence (2009-2026), integrating key factors such as dynamic valgus control, eccentric strengthening, and optimizing training load to achieve optimal results.

Methodology

The methodology consisted of a bibliographic review and a critical analysis of meta-analyses and clinical studies. Based on a sample exceeding 60,000 athletes, the shortcomings of traditional models in relation to the biomechanical demands of real-game soccer have been identified.

Results and discussion

The results demonstrate that preventive efficacy requires a minimum dose of 30 minutes per week and an adherence rate higher than 80%. Biomechanically, it is confirmed that lumbopelvic control and jump training reduce dynamic valgus, while every 0.5 Nm/kg increase in eccentric strength optimizes impact absorption by 15%. This anterior cruciate ligament (ACL) injury prevention protocol is firmly established upon three mechanical and methodological pillars: firstly, the biomechanical correction of dynamic valgus in order to optimize motor control and reduce impact forces during landings and receptions; secondly, the eccentric strengthening of the hamstring muscles to enhance muscular braking capacity and counteract anterior tibial translation; and, lastly, targeted core training aimed at achieving robust lumbopelvic stability to absorb proximal loads. All of this is structured through a rigorous and systematic scheduling of at least two weekly sessions, accumulating between 20 and 30 total minutes per microcycle, and conditioning its clinical success on a squad adherence rate above 80%.

Conclusion

In conclusion, an effective approach must be multimodal and dose-centered. Combining valgus control, eccentric strength, and core work with perturbations offers significantly greater protection compared to traditional methods.

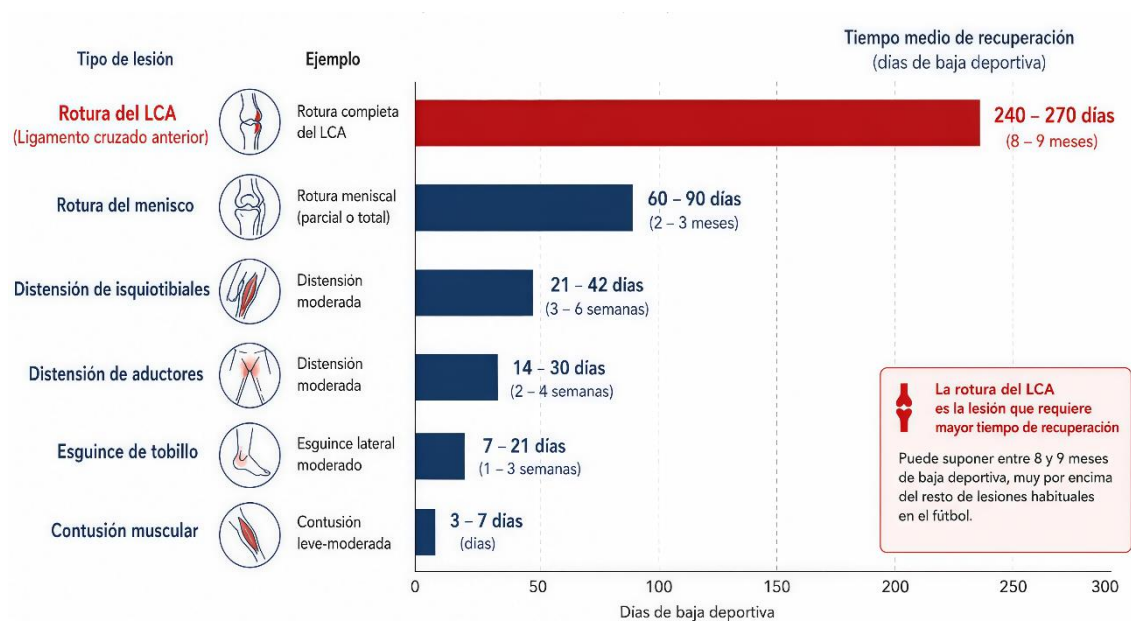
Keywords: ACL, Youth Soccer, Neuromuscular Training, Dynamic Valgus, Eccentric Strength, Dose-Response, Injury Prevention.

1. INTRODUCCIÓN

El fútbol es uno de los deportes más populares a nivel mundial, sobre todo en población adolescente, siendo una etapa clave para el desarrollo físico, motor y deportivo. No obstante, el aumento de demandas biomecánicas propias del deporte, caracterizadas por acciones repetidas de aceleración, desaceleración, cambios de dirección y saltos, provocan un aumento significativo del riesgo de lesiones musculoesqueléticas, siendo la rodilla una de las articulaciones más frecuentemente afectadas (Alentorn-Geli et al., 2009).

Entre todas las lesiones de rodilla, la rotura del LCA representa una de las patologías más graves en el aspecto deportivo, el tiempo medio de recuperación del LCA es de los más largos de las principales lesiones (figura 1), tanto por su elevada incidencia como por las importantes consecuencias funcionales que provoca (Alentorn-Geli et al., 2009). En futbolistas adolescentes, esta lesión puede implicar largos periodos de inactividad, necesidad de intervención quirúrgica y procesos de rehabilitación prolongados, además de un aumento del riesgo de inestabilidad articular y de desarrollo precoz de artrosis de rodilla (Stergiou et al., 2025). Estas consecuencias tienen una especial relevancia en edades tempranas, además pueden condicionar la continuidad en la práctica deportiva y el rendimiento futuro del deportista.

Figura 1. Tiempo medio de recuperación lesiones en el fútbol.



Fuente: Elaboración propia

La mayoría de las roturas del LCA en el fútbol masculino se producen mediante un mecanismo de no contacto, entre el 70-80% de los casos, como podemos apreciar en la figura 2, caracterizado por una deceleración repentina durante maniobras de pivotaje, aterrizajes unipodales tras un salto o cambios de dirección repentinos (Alentorn-Geli et al., 2009, Hasani Chenari et al., 2025).

Desde una perspectiva biomecánica, la rotura se provoca por una combinación de fuerzas que sobrepasan la resistencia tensional del ligamento. El mecanismo principal implica un valgo dinámico de rodilla, definido por la aducción y rotación interna del fémur combinada con una rotación externa y traslación anterior de la tibia. Este patrón, aumenta significativamente la tensión sobre el LCA, especialmente cuando se acompaña de una escasa flexión de rodilla y una fuerte contracción del cuádriceps, que actúa como un agonista de la traslación anterior tibial. (Stergiou et al., 2025).

Figura 2. Mecanismo lesional LCA.



Fuente: (Della Villa et al., 2025).

Este hecho ha llevado a identificar diversos factores de riesgo modificables, como falta de control neuromuscular, alteraciones en la fuerza muscular, desequilibrios en la estabilidad de la cadera y la rodilla, así como patrones de movimiento inadecuados, todos ellos se pueden intervenir a partir de la fisioterapia (Alentorn-Geli et al., 2009).

En este marco, la fisioterapia juega un rol importantísimo en la prevención de lesiones deportivas, pasando de una perspectiva mecánica a crear programas completos de entrenamiento neuromuscular. Según la evidencia más reciente, estos programas tienen que integrar ejercicios de pliometría, equilibrio dinámico, propiocepción y fuerza excéntrica de forma sinérgica. También deben incluir la reeducación del control motor bajo fatiga y tareas de carga neurocognitiva. La meta prioritaria es reducir los factores de riesgo biomecánicos, como el valgo dinámico, y optimizar la estabilidad funcional de la rodilla a través de una dosificación adecuada de la carga (Nessler et al., 2017, Hasani Chenari et al., 2025). La eficacia de estas intervenciones ha sido ampliamente investigada en los últimos años, mostrando resultados prometedores en la reducción de la incidencia de lesiones del LCA en poblaciones jóvenes.

Los programas de prevención neuromuscular pueden disminuir el riesgo de que los atletas jóvenes padezcan una lesión en el LCA, según han comprobado múltiples metaanálisis y revisiones sistemáticas (Owoeye et al., 2014). Asimismo, se ha comprobado que programas específicos utilizados en el fútbol, como el FIFA 11+, son eficaces para disminuir las lesiones a nivel global, incluidas las de rodilla. Investigaciones más actuales centradas en futbolistas adolescentes masculinos han demostrado que estos programas tienen la capacidad de optimizar aspectos biomecánicos vinculados con el peligro de lesión del LCA, como el equilibrio, la fuerza y la regulación del valgo dinámico de rodilla (García-Luna et al., 2020).

No obstante, la literatura científica presenta alta heterogeneidad en cuanto a los protocolos utilizados, la dosificación de las intervenciones y las características de las muestras analizadas, muy alta. Además, históricamente, gran parte de los estudios de alta calidad se han centrado en poblaciones femeninas o muestras mixtas, lo cual genera la necesidad clínica de analizar de forma específica la eficacia de los programas de prevención fisioterapéutica exclusivamente en futbolistas adolescentes masculinos, dadas sus diferencias biomecánicas y hormonales en su etapa madurativa (Stergiou et al., 2025).

Para resumir, esta revisión bibliográfica se basa en la evidencia epidemiológica más reciente, que señala un aumento constante en la incidencia de lesiones de LCA en el fútbol base, a pesar de contar con guías preventivas generales (Stergiou et al., 2025). La ausencia de acuerdo en cuanto a la cantidad óptima y a la elección de ejercicios específicos para adolescentes, en cual su maduración osteomuscular y patrones de reclutamiento motor son muy diferentes a los de los adultos, es principalmente lo que fundamenta esta necesidad investigativa (Stergiou et al., 2025).

En este escenario, el papel del fisioterapeuta emerge como un pilar fundamental, siendo el profesional capacitado para la identificación de déficits biomecánicos como el valgo dinámico o la asimetría en la fuerza excéntrica y para la adaptación individualizada de los protocolos de entrenamiento neuromuscular. Por todo ello, el objetivo de esta revisión fue recoger, unificar y analizar de manera crítica la evidencia científica disponible para ofrecer una síntesis de alta relevancia clínica. Se pretende, en última instancia, proporcionar herramientas prácticas y actualizadas que permitan a los profesionales de la salud mejorar la estabilidad funcional y reducir el riesgo lesional en futbolistas masculinos durante su etapa crítica de desarrollo. Además, este trabajo siguió el objetivo de desarrollo sostenible: Salud y Bienestar de la Organización de las Naciones Unidas, ya que aborda la prevención de lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) en adolescentes futbolistas mediante estrategias basadas en el ejercicio físico y la prevención de lesiones, contribuyendo a la promoción de la salud, la práctica deportiva segura y la mejora de la calidad de vida de los jóvenes deportistas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

El objetivo general de este estudio fue analizar la evidencia científica disponible sobre la eficacia de los programas de prevención fisioterapéutica de la lesión del ligamento cruzado anterior en futbolistas en etapa de formación masculinos mediante una revisión bibliográfica. Además, a partir del objetivo general mencionado, se describieron una serie de objetivos específicos.

2.2. Objetivos específicos

- Describir las características principales de los programas de prevención fisioterapéutica del LCA aplicados en futbolistas adolescentes masculinos.
- Identificar los componentes de los programas preventivos utilizados en los estudios revisados, tales como entrenamiento neuromuscular, fuerza, propiocepción, equilibrio, pliometría y control del movimiento.
- Evaluar los efectos de los programas de prevención sobre la reducción de la incidencia de lesiones del LCA y/o sobre factores de riesgo asociados.
- Comparar los resultados obtenidos entre los distintos estudios incluidos en la revisión.
- Analizar las limitaciones metodológicas de los estudios revisados y sus implicaciones para la práctica clínica en fisioterapia deportiva.

3. METODOLOGÍA

3.1. Diseño del estudio

El trabajo se plantea como una revisión bibliográfica de la literatura científica, el objetivo es analizar la evidencia que existe sobre la eficacia de los programas de prevención fisioterapéutica de las lesiones del ligamento cruzado anterior en futbolistas adolescentes masculinos.

3.2. Estrategia de búsqueda bibliográfica

La búsqueda de la literatura científica se llevó a cabo en las bases de datos electrónicas PubMed/MEDLINE, SCOPUS y Google Scholar. El proceso de búsqueda se realizó de forma estructurada con el fin de identificar estudios relevantes relacionados con programas de prevención del LCA en futbolistas adolescentes masculinos.

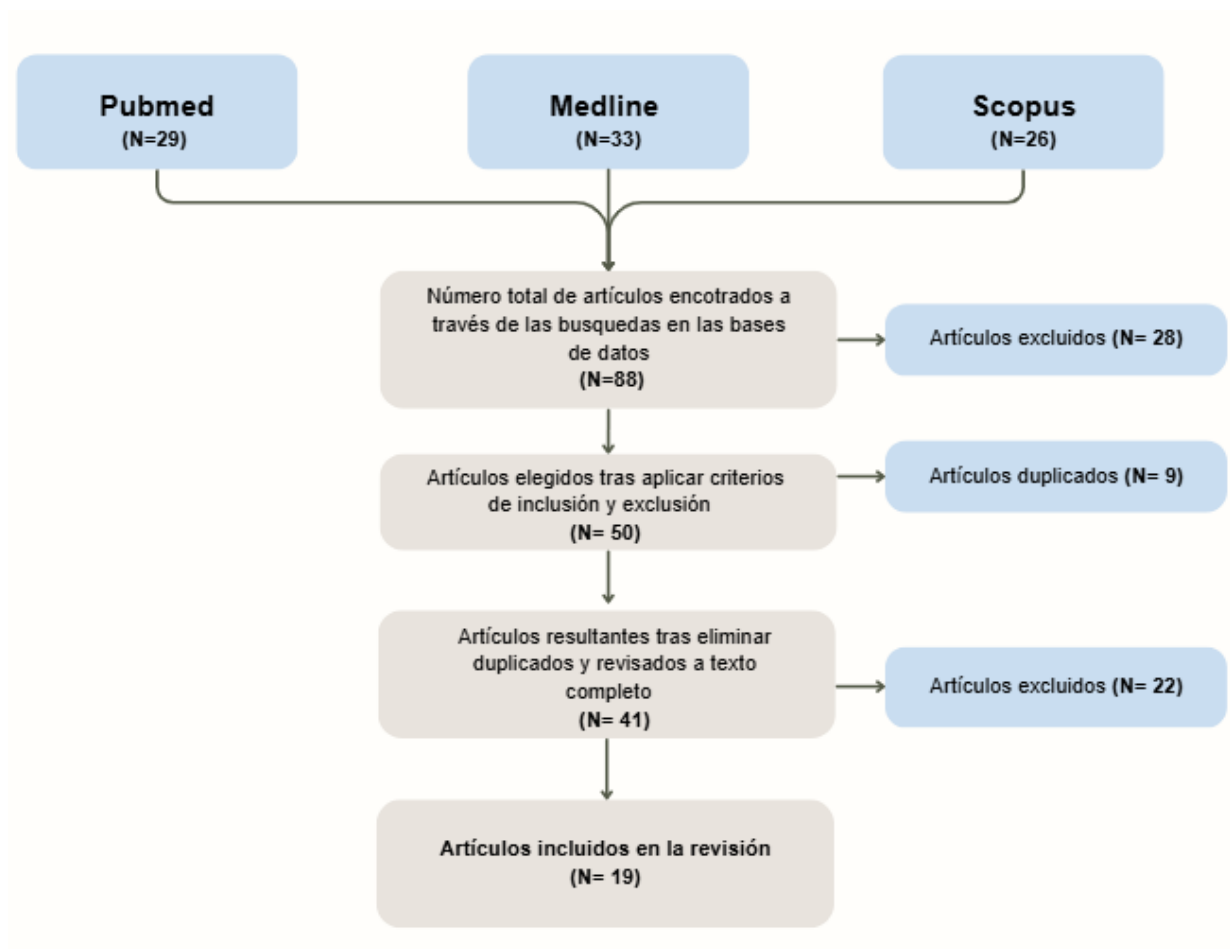
Para ello, se utilizaron combinaciones de palabras clave y descriptores en inglés mediante operadores booleanos, tales como: "anterior cruciate ligament" OR "ACL" AND "prevention" OR "injury prevention" AND "soccer" OR "football" AND "adolescent" OR "youth" AND "male" AND "training" OR "program".

Se aplicaron los siguientes filtros durante la búsqueda: idioma inglés o español, fecha de publicación últimos 16 años y disponibilidad de texto completo. Además, se realizó una búsqueda manual en las diferentes bases de datos con el objetivo de identificar estudios relevantes que no hayan sido localizados en la búsqueda inicial.

Tras aplicar la estrategia de búsqueda avanzada, ("anterior cruciate ligament" OR ACL) AND (prevention OR "injury prevention") AND (soccer OR football) AND (adolescent OR youth) AND male AND (training OR program) con operadores booleanos y los filtros de selección (idioma inglés/español, últimos 17 años y disponibilidad de texto completo), como se puede observar en la (figura 3) se identificaron 29 artículos científicos en la base de datos PubMed, 33 artículos en Medline y aparecieron 26 artículo en Scopus. Estos resultados fueron sometidos a un cribado manual mediante la lectura de título y resumen para verificar su idoneidad con el objeto de estudio.

3.3. Diagrama de flujos

Figura 3. Diagrama de flujos (PRISMA).



Fuente: Elaboración propia

3.5. Análisis PICO

Tabla 1. Análisis PICO.

PICO	Especificación en la revisión
Población	Futbolistas adolescentes varones (12 a 18 años) en etapa de desarrollo madurativo y crecimiento óseo.
Intervención	La prevención fisioterapéutica del LCA consiste en una intervención neuromuscular multimodal fuerza, pliometría, control motor y propiocepción diseñada para optimizar el control lumbopélvico, reeducar la técnica de aterrizaje y garantizar la estabilidad articular ante la fatiga mediante la sinergia agonista-antagonista. • Neuromuscular: Estabilidad lumbopélvica y propiocepción. • Pliométrico: Reeducción del aterrizaje y absorción de impactos. • Fuerza: Trabajo excéntrico de isquiosurales y explosivo de cuádriceps. • Control Motor: Automatización del movimiento bajo fatiga y doble tarea.
Comparación	Calentamiento convencional, formada por carrera continua 10 minutos a baja intensidad, estiramientos estáticos y balísticos. Ausencia de protocolos preventivos específicos.
Outcomes (resultados)	• Incidencia lesional y ratio de riesgo: Evaluación de la efectividad real de los programas en la reducción de la tasa de roturas de LCA. • Mejora de factores de riesgo asociados: Optimización de variables biomecánicas y neuromusculares implicadas en el mecanismo de lesión.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión.

3.6. Criterios de inclusión	3.7. Criterios de inclusión
• Estudios originales, revisiones sistemáticas o metaanálisis. • Población de futbolistas adolescentes masculinos entre 12 y 18 años. • Análisis de programas de prevención del LCA o intervenciones fisioterapéuticas preventivas. • Publicaciones en inglés o español con menos de 15 años de antigüedad y acceso al texto completo. • De forma excepcional, metaanálisis de alta calidad con población femenina que definan parámetros técnicos aplicables al fútbol masculino.	• Artículos no relacionados con el fútbol. • Estudios con población adulta o fuera del rango de edad establecido. • Investigaciones centradas exclusivamente en población femenina. • Trabajos que aborden únicamente el tratamiento postquirúrgico o la rehabilitación tras la lesión del LCA.

Fuente: Elaboración propia

3.8. Proceso de selección de los estudios

La selección de los estudios se eligió a partir de una revisión inicial de los artículos obtenidos en la búsqueda bibliográfica. Seguidamente, se realizó una lectura del texto completo de aquellos artículos que cumplan los criterios de inclusión. Este proceso permitió identificar los estudios más relevantes para el objetivo del trabajo.

3.9. Análisis y síntesis de los datos

De cada estudio incluido se recogió la información más relevante relacionada con el diseño del estudio, las características de la muestra, el tipo de programa de prevención aplicado, la duración de la intervención y los principales resultados obtenidos.

La síntesis de los datos se realizó de forma narrativa, comparando y describiendo los hallazgos más relevantes de los estudios incluidos. Se prestaron especial atención a los efectos de los programas de prevención sobre la disminución en las lesiones del LCA y sobre la mejora de los factores de riesgo biomecánicos y neuromusculares asociados. Asimismo, se discutieron las similitudes y diferencias entre los distintos programas y se analizaron las principales limitaciones metodológicas de los estudios revisados.

4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos se dividieron en dos bloques diferentes. En el primero, se analizó la eficacia clínica a través de la incidencia lesional y la tasa de riesgo, proporcionando una visión general del impacto de los programas. El segundo bloque se centró en el análisis biomecánico y neuromuscular, evaluando las modificaciones en los factores de riesgo modificables, como el valgo dinámico o el control del core, lo que permite comprender los mecanismos adaptativos que ayudan a la reducción de las lesiones.

Esta división metodológica se realizó por la necesidad de analizar la prevención, conectando la epidemiología con el estudio del movimiento.

4.1. Eficacia Clínica e Incidencia

Este primer apartado se centra en la dimensión cuantitativa de la investigación. Al analizar la incidencia lesional y los ratios de riesgo, se buscó verificar la efectividad de las intervenciones en el apartado de salud deportiva. Aquí se analizó la reducción de roturas del LCA, además, se observó la adherencia al programa y la dosis-respuesta, frecuencia y duración de las sesiones actúan como variables para modificar las estadísticas de lesiones en equipos de diferentes niveles competitivos.

4.2. Análisis Biomecánico y Neuromuscular

Por otra parte, se presenta la información cualitativa y mecánica. Su objetivo es identificar los cambios en los patrones de movimiento que actúan como mecanismos protectores. Al evaluar factores de riesgo modificables, como el valgo dinámico de rodilla, el torque de los isquiosurales o el core, se consigue entender el entrenamiento neuromuscular y la respuesta del deportista ante situaciones de alta exigencia. Este bloque es crucial para demostrar que la reducción de lesiones es el resultado de una optimización en el control motor y la gestión de cargas durante gestos técnicos como el salto o el cambio de dirección. Asimismo, este análisis integra variables como la fatiga muscular acumulada y la etapa madurativa del futbolista adolescente, elementos que condicionan directamente la tolerancia al esfuerzo y el control motor.

Tabla 3. Resultados de Incidencia: Enfocada en la capacidad de las intervenciones para reducir el número total de roturas del LCA.

Autor	Información	Muestra	Intervención	Resultados	Conclusión
(Owoeye et al., 2014)	Ensayo controlado aleatorizado por conglomerados que evalúa la eficacia y la relación de cumplimiento del programa de calentamiento FIFA 11+ en la reducción de tasas de incidencia de lesiones en el fútbol formativo. Duración 8 meses.	Análisis de 20 equipos con una población de 360 futbolistas adolescentes masculinos con una media de edad de 14.6 años seguidos durante una temporada.	1. Carrera: 6 variantes (recta, diagonales, zigzag y contactos). 2 series de ida y vuelta por ejercicio a una distancia de 11.5 metros. 2. Fuerza y Estabilidad: Planchas core (3x20-30 seg), equilibrio monopodal (2x30 seg por pierna) y fuerza excéntrica isquiosural con Nordic Hamstring (1-3 series de 8-12 reps). 3. Pliometría y Agilidad: Saltos verticales y laterales (2x10-12 reps) combinados con sprints y deceleraciones en 2 pasos (2 series).	Los resultados determinaron que el grupo de intervención que aplicó el programa presentó una reducción del 41% en la tasa de incidencia global de lesiones en comparación con el grupo control. Además, se observó una reducción del 55% en el riesgo de sufrir lesiones en la articulación de la rodilla.	Se concluye que el programa FIFA 11+ es una estrategia preventiva eficaz en el fútbol masculino adolescent. Para lograr este efecto protector, el protocolo debe integrarse como calentamiento regular con una dosis de al menos 2 sesiones semanales (de 20 minutos por sesión). La evidencia demuestra que la constancia en el cumplimiento es clave para reducir los mecanismos lesivos.

(Grimm et al., 2015)	Revisión sistemática y metaanálisis sobre la eficacia de los programas de prevención de lesiones de rodilla y LCA específicamente en futbolistas. El estudio sintetiza la evidencia de múltiples ensayos clínicos para determinar la reducción del riesgo relativo (RR) y analiza la influencia de la dosis-respuesta en la efectividad de los protocolos neuromusculares. 9 semanas de duración.	Metaanálisis de 24,426 participantes (10,540 en grupos de intervención y 13,886 en grupos control). La población se compone de futbolistas jóvenes, predominantemente adolescentes y adultos jóvenes rango de edad media entre 14 y 20 años. El estudio incluye tanto a chicos como a chicas, aunque destaca una mayor robustez de datos en el género femenino debido a su mayor predisposición histórica al riesgo de lesión de LCA.	1. Fuerza Nordic Hamstring: 3x8-12. Planchas: 3x30-45". Zancadas: 2x10-15. 2. Pliometría Salto: Verticales, laterales y con zancada (2x10). Monopodales: 2x8-2". 3. Equilibrio y Propiocepción Apoyo monopodal: Pase de balón (2x30"). Desequilibrios externos: 2x10 por lado. 4. Agilidad Cambios de dirección: 45° y 90° (2x5-8). Parada en seco: Tras carrera 10m a una pierna (2x5).	Se halló una reducción global de la incidencia de lesiones de LCA del 50% en futbolistas que realizaron el entrenamiento neuromuscular. En el subgrupo de mujeres, la reducción alcanzó hasta el 67%. Los resultados muestran una correlación directa entre la adherencia y la eficacia: los equipos que completaron más de 2 sesiones semanales presentaron un RR significativamente menor ($p < 0.05$), mientras que en grupos con baja adherencia la reducción no fue estadísticamente significativa.	Se concluye que los programas de entrenamiento neuromuscular son una estrategia altamente efectiva para reducir las lesiones de LCA en el fútbol, logrando disminuir el riesgo a la mitad. No obstante, la efectividad es dependiente de la dosis: para obtener beneficios clínicos reales, es imprescindible una adherencia mínima de dos sesiones semanales y un enfoque multimodal que combine fuerza, equilibrio y control del aterrizaje.
------------------------------------	---	---	--	--	--

(Stergiou et al., 2025)	Se trata de un metaanálisis, Su objetivo fue evaluar la eficacia a largo plazo de los programas de entrenamiento neuromuscular centrándose en la incidencia de lesiones de extremidad inferior en futbolistas de todos los niveles. Es fundamental porque analiza si la evolución de los entrenamientos ha mejorado los resultados de los protocolos clásicos como el FIFA 11+. Duración 12 semanas.	Muestra que supera los 15.000 futbolistas jugadores masculinos y femeninos. Desde categorías juveniles hasta fútbol profesional de élite. Chicos 9.200 participantes. Principalmente en categorías juveniles y academias de fútbol profesional. Chicas aproximadamente 6.100 participantes. Fútbol Base/Juvenil: Constituye el 70% de la muestra total (Adolescentes de 12 a 18 años).	Programa Neuromuscular 15-20 min en el calentamiento 2-3 veces/semana. Fuerza Excéntrica: Nórdicos, sentadilla búlgara y lunges (2-3x8-12 reps). Foco en el frenado. Pliometría: Saltos multidireccionales 2 series de 10 reps 40-60 impactos. Equilibrio Dinámico: Apoyo monopodal con perturbaciones 3 series de 30 seg/pierna. Agilidad Reactiva: Sprints con cambios de dirección ante estímulos visuales 2 series de 5-8 reps.	Se confirma una reducción de la incidencia de lesiones de LCA de entre el 45% y el 60%, destacando una mayor eficacia en el fútbol femenino cuando la intervención se inicia en etapas formativas. El éxito preventivo está condicionado por un umbral de dosis-respuesta de 15-20 minutos por sesión y una adherencia superior al 80%, demostrando que la inclusión de agilidad reactiva y toma de decisiones es determinante para mejorar la respuesta muscular y reducir las lesiones mecánicas durante los partidos oficiales.	El entrenamiento neuromuscular es la estrategia más eficaz para prevenir lesiones de LCA en el fútbol actual, registrando una disminución de la tasa de lesiones desde 0.86 hasta 0.41 por cada 1000 horas de juego. Siempre que se garantice 80% de adherencia y se evolucione hacia modelos dinámicos. La clave de la protección reside en agilidad reactiva y la fuerza excéntrica, permitiendo que el deportista mantenga el control mecánico incluso ante situaciones de fatiga.
--------------------------------	--	---	---	--	---

(Obërtinca et al., 2025)	Este estudio analiza el impacto del programa preventivo FUNBALL en la reducci3n de lesiones graves en el fùtbol base masculino. A diferencia de otros anàlisis biomecànicos, este trabajo se centra en la eficacia clìnica, demostrando c3mo un calentamiento neuromuscular estructurado puede modificar directamente las estadísticas de salud de un equipo. Duraci3n 8 semanas.	La muestra del estudio estuvo compuesta por un total de 432 futbolistas varones. Los participantes pertenecían a equipos de fùtbol base y fueron divididos en dos grupos principales para el anàlisis: Grupo de intervenci3n: 212 jugadores. Grupo de control: 220 jugadores. Edad: 13 y los 19 ańos.	Programa de intervenci3n FUNBALL: Parte 1: Carrera y Movilidad (2x15m) Lineal, rodillas arriba y talones al glùteo. Apertura/cierre de cadera. Carrera lateral y cruzada. Parte 2: Fuerza y Estabilidad Planchas: Frontal (3x30-45") y lateral (2x20-30"). Equilibrio monopodal: Con balón (2x10/pierna). Sentadillas: 3x10-12. N3rdico: 2x5-8. Parte 3: Pliometría Salto: Verticales (2x10) y laterales (2x8/lado). Salto: Con parada (2x5).	Reducci3n general: El grupo de intervenci3n tuvo un 48% menos de riesgo de sufrir lesiones graves. Tasa de incidencia: 0.45 lesiones por cada 1000 horas de juego en el grupo FUNBALL frente a 0.86 en el grupo de control. Las lesiones de rodilla disminuyeron un 55%. Importancia de la dosis: Los equipos que realizaron el programa màs de 2 veces por semana redujeron el riesgo en un 61%, mientras que los que lo hicieron menos de 1.5 veces solo lograron una reducci3n del 15%.	Al reducir las lesiones de rodilla en un 55%, el estudio demuestra que el entrenamiento neuromuscular es capaz de compensar los dèficits de control motor que suelen derivar en roturas graves. La clave de éxito mejorar la estabilidad dinámica; los ejercicios de fuerza y pliometría enseñan al deportista a mantener la alineaci3n de la rodilla, evitando el colapso hacia adentro en situaciones de juego como aterrizajes tras un salto o cambios de direcci3n.
---------------------------------	---	--	--	--	---

Fuente: Elaboraci3n propia basada en (Owoeye et al., 2014)(Grimm et al., 2015)(Stergiou et al., 2025) y (Obërtinca et al., 2025).

Tabla 4. Resultados Biomecánicos: Enfocado en la evaluación, las mejoras técnicas y de control motor que el deportista adquiere.

Autor	Información	Muestra	Intervención	Resultados	Conclusión
(Padua et al., 2015)	El sistema de puntuación de errores de aterrizaje (LESS) como herramienta de cribado para un programa de prevención de lesiones del ligamento cruzado anterior en jóvenes futbolistas de élite. El artículo investiga si un test visual de salto y aterrizaje, llamado LESS, es capaz de predecir qué futbolistas sufrirán una rotura del LCA.	Muestra de 829 futbolistas se dividió de la siguiente manera: Mujeres (niñas): 481 Hombres (niños): 348 Edad media: 13.9 ± 1.8 años. Rango de edad: De 11 a 18 años.	La intervención consistió en una evaluación clínica mediante el protocolo LESS: Los futbolistas saltaron desde un cajón de 30 cm, aterrizaron y realizaron un salto vertical máximo. Se grabó el movimiento desde el frente y el lateral para analizar 17 ítems biomecánicos. El objetivo: Clasificarlos según su técnica. A cada error observado se le asignó un punto; una puntuación de 5 o más categorizaba al deportista de alto riesgo.	Este grupo obtuvo una puntuación media de 4.25 errores en el test LESS. A nivel biomecánico, los hombres demostraron una técnica de aterrizaje más segura, caracterizada por una mayor flexión de rodilla al tocar el suelo y un menor valgo dinámico. Sin embargo, el estudio confirmó que el punto de corte de 5 puntos sigue siendo el indicador de peligro universal: aquellos hombres que individualmente superaron esta puntuación fueron identificados con un riesgo significativamente mayor.	Para concluir, el 44% de los futbolistas varones obtuvieron una puntuación de 5 o más en la prueba LESS. El protocolo LESS sirve para filtrar y localizar a los jugadores que tienen patrones de movimiento peligrosos que suelen pasar desapercibidos, permitiendo realizar un entrenamiento preventivo específico antes de que se produzca una lesión.

(García-Luna et al., 2020)	Estudio descriptivo y transversal que analiza la influencia de la fatiga aguda en el valgo dinámico de rodilla en futbolistas jóvenes.	22 futbolistas varones de categorías cadete y juvenil (15.5 ± 1.1 años), nivel federado.	1. Activación NMT (15-20 min): Ejercicios con gomas elásticas y control motor monopodal. 2. Protocolo de Fatiga (12-15 min): Circuito continuo de alta intensidad. (Escala Borg). Sprint lineal: 1 x 20m. Desplazamientos laterales: 2 x 10m. Cambios de dirección: 4 giros de 90°. Pliometría: 5 saltos verticales máximos. Carrera intermitente: 2 x 10m. 3. Medición: Evaluación biomecánica 4K pre y post-intervención.	Aumento estadísticamente significativo ($p < 0.05$) del ángulo de proyección del plano frontal (FPPA) tras el protocolo de fatiga. Se evidencia un fallo en los estabilizadores proximales (glúteo medio) que aumenta el valgo dinámico y la rotación interna femoral. Los resultados confirman que la fatiga aguda genera asimetrías y reduce el control neuromuscular, situando al LCA en una posición de vulnerabilidad mecánica.	La fatiga aguda es un factor de riesgo crítico que compromete la estabilidad dinámica de la rodilla. Se concluye que los programas de prevención deben integrar ejercicios de control neuromuscular durante las sesiones de entrenamiento, para garantizar la retención de la técnica y la protección del LCA durante la competición.
-----------------------------------	---	---	--	--	---

(Diker et al., 2022)	Este estudio investiga cómo el estado de maduración biológica influye en la mecánica de salto y el riesgo de lesiones de rodilla. Se centra en el fenómeno conocido como la desincronización del crecimiento, donde los huesos crecen a un ritmo distinto al de los músculos y tendones, afectando el control neuromuscular.	La muestra consta de 148 futbolistas varones analizados tenían una edad cronológica media de 13.5 años, con un rango que abarcaba desde los 10 hasta los 18 años. Pre-pico de crecimiento: 47 jugadores con una media de 11.8 años. Durante el pico de crecimiento: 52 jugadores con una media de 13.6 años. Post-pico de crecimiento: 49 jugadores con una media de 15.4 años.	La intervención consistió en una evaluación biomecánica dividida en tres pasos: Medir la etapa del adolescente: Medición de peso y altura. Test LESS: Ejecución de un salto desde un cajón de 30 cm seguido de un salto vertical inmediato para evaluar la calidad del movimiento. Análisis de video: Grabación con cámaras para medir los ángulos de flexión y el grado de desplazamiento hacia adentro de la rodilla.	Los resultados muestran cómo la mecánica de la rodilla empeora en el pico de crecimiento. Los datos clave son: Calidad del movimiento (Puntuación LESS) Pre-pico: 4.56 puntos. Pico: 5.46 puntos. Post-pico: 4.41 puntos. Biomecánica de la rodilla Flexión de rodilla: Los jugadores en pleno estirón aterrizan con solo 11.2 grados de flexión, menor que los 15.1 grados de los jugadores más jóvenes. Valgo de rodilla: Durante el pico de crecimiento, 5.8 grados, previa 2.5 grados y posterior 2.4 grados.	El estudio demuestra que, durante el periodo de crecimiento rápido, los futbolistas sufren una desincronización neuromuscular. Esto provoca una técnica de aterrizaje peligrosa, caracterizada por una rigidez excesiva, menor flexión de rodilla y aumento del valgo. Es imprescindible monitorizar la maduración para identificar el momento exacto de vulnerabilidad y aplicar entrenamientos específicos que compensen esta pérdida temporal de estabilidad en la rodilla.
-----------------------------	---	---	--	--	--

(Nawas et al., 2023)	Estudio clínico aleatorizado que evalúa el impacto de un programa de fuerza excéntrica aislado (Nordic Hamstring Exercise) sobre la incidencia de lesiones de rodilla en futbolistas jóvenes de formación. Investiga si la fuerza por sí sola es suficiente para reducir las roturas de LCA. Duración 8 semanas.	210 futbolistas adolescentes masculinos (14-17 años) divididos en grupo de intervención (n=105) y grupo control (n=105) durante una temporada completa.	Nordic Hamstring Exercise: 2 sesiones por semana. Progresión: Semanas 1-4 (2x5 reps), Semanas 5-8 (3x8 reps), Semanas 9+ (3x10-12 reps). Foco exclusivo excéntrica.	El grupo que realizó el nórdico redujo la incidencia de lesiones de rodilla en un 42%. Se observó que los jugadores que aumentaron su fuerza de frenado disminuyeron significativamente los episodios de inestabilidad ligamentosa.	Se concluye que el fortalecimiento excéntrico de los isquiosurales mediante el ejercicio nórdico es una herramienta preventiva de bajo coste y alta eficacia. Es capaz de reducir casi a la mitad las lesiones de rodilla, siempre que se mantenga una progresión de carga constante, aunque se recomienda su integración en protocolos más amplios para cubrir el componente del valgo dinámico.
-----------------------------	--	---	---	---	---

(Hasani Chenari et al., 2025)	Este estudio clínico aleatorizado se llevó a cabo con una muestra de futbolistas masculinos en etapa de desarrollo, centrando su análisis en el impacto de un programa de entrenamiento neuromuscular control del Core y sobre la biomecánica de la rodilla. Duración 8 semanas.	30 atletas masculinos divididos en grupo intervención (n=15) y grupo control (n=15). Con un rango de edad de 12 a 14 años.	Programa STOP-X (20-25 min) 1. Core y Control Lumbopélvico: Plancha frontal (3x30-45s), lateral (3x20-30s) y puente de glúteo (3x15 reps). 2. Fuerza Dinámica: Sentadilla (3x12), zancada (2x10) y sentadilla monopodal (2x8). 3. Pliometría: Saltos verticales (3x8-10), laterales (3x10) y saltos de caja (2x6).	Mejora significativa en la estabilidad del tronco y el control lumbopélvico. Se registró una reducción del desplazamiento lateral del tronco y una disminución del valgo dinámico de rodilla durante el aterrizaje. Los resultados demuestran que el fortalecimiento del Core optimiza la alineación cinemática del miembro inferior, reduciendo los momentos de tensión sobre el LCA.	Se concluye que el control motor lumbopélvico es determinante para la prevención de lesiones de LCA. Un programa de NMT de 8 semanas mejora la estabilidad proximal, permitiendo una alineación y una reducción del valgo dinámico. La integración del entrenamiento de Core es reducir los momentos de carga lesivos en la rodilla.
--------------------------------------	--	--	--	--	--

(Pedley et al., 2025)	Este artículo investiga cómo la fuerza de los músculos extensores de la rodilla y los flexores de la cadera influye en la capacidad de los jugadores para controlar el aterrizaje. Se centra en la importancia de la fuerza excéntrica como factor protector frente a patrones de movimiento lesivos.	Se analizó a un total de 102 futbolistas varones. Los jugadores tenían una edad media de 15.4 años. Todos los participantes pertenecían a academias de fútbol de élite, lo que implica que estaban sometidos a un volumen de entrenamiento y exigencia competitiva similar, permitiendo evaluar cómo sus niveles de fuerza influían directamente en la protección de la rodilla.	Se realizó una evaluación. El protocolo consistió en: Fuerza excéntrica: 3 intentos de máxima intensidad por pierna en dinamómetro. Test LESS: 3 saltos desde cajón de 30 cm con aterrizaje y salto vertical inmediato. Potencia (CMJ): 3 saltos verticales máximos con contramovimiento. El estudio se limitó a medir estas capacidades para analizar su relación con la estabilidad de la rodilla.	Los resultados del estudio demuestran que la fuerza muscular es determinante, ya que un aumento de 0.5 Nm/kg en la fuerza excéntrica reduce el colapso de la rodilla hacia adentro en 1.2°. Además, los jugadores con mayor fuerza consiguen una mejor amortiguación al aterrizar con un 15% más de flexión de rodilla, lo que protege el ligamento cruzado anterior. Por el contrario, la debilidad muscular aumenta el riesgo al elevar la puntuación del protocolo LESS +5 puntos, mientras que la existencia de asimetrías superiores al 10% provoca una inestabilidad lateral.	La conclusión es que el riesgo de lesión de rodilla alcanza su máximo en el estirón, con un valgo de 5.8° y una flexión reducida a 11.2°, elevando el riesgo en el test LESS a 5.46 puntos. Este riesgo se mitiga con fuerza excéntrica de isquiosurales, ya que cada 0.5 Nm/kg extra reduce el valgo 1.2° y mejora la amortiguación un 15%, En la práctica, programas como FUNBALL reducen estas lesiones un 55% al entrenar dos veces por semana.
-------------------------------------	--	---	---	---	---

(Tovar et al., 2025)	Este trabajo investiga la conexión entre el core y la articulación de la rodilla, basándose en la teoría de que un control deficiente del tronco provoca una cascada de movimientos anormales en las extremidades inferiores durante las acciones dinámicas del fútbol.	Se analizó a un total de 86 futbolistas. Los jugadores tenían una edad media de 16.2 años. Esta muestra se seleccionó para observar una etapa donde el desarrollo físico ya es avanzado pero el control motor aún se está consolidando bajo cargas de alta intensidad.	El protocolo consistió: Test de estabilidad lumbopélvica: 3 intentos de equilibrio en apoyo monopodal sobre una plataforma de fuerzas, manteniendo la posición 20 seg para medir la oscilación del tronco. Uso de sensores colocados en la zona lumbar mientras el jugador realizaba 3 rep de cambios de dirección de 90 grados. Análisis de aterrizaje: 3 saltos desde un cajón de 30 cm evaluando la inclinación lateral del tronco en relación con el ángulo de la rodilla.	Los resultados demuestran que la rodilla depende directamente de la estabilidad del tronco, ya que los futbolistas con mayor oscilación lumbopélvica presentaron un valgo dinámico un 22% superior. Esta deficiencia en el control del core provocó un aumento del 14% en las fuerzas de impacto lateral, observándose que desviaciones del tronco +5 grados durante el aterrizaje aumentan el riesgo. Los datos indican que cada mejora del 10% en el equilibrio monopodal se traduce en una mayor estabilidad de la rodilla.	La conclusión establece que el control lumbopélvico es determinante, oscilar el tronco incrementa el valgo de rodilla un 22% y el impacto lateral un 14%. Desviaciones superiores a 5 grados comprometen la articulación, mientras que mejorar un 10% la estabilidad del core potencia el control de la pierna. Por ello, la prevención debe integrar el entrenamiento del tronco.
-----------------------------	--	--	---	--	--

Fuente: Elaboración propia basada en (Padua et al., 2015, García-Luna et al., 2020, Diker et al., 2022, Nawas et al., 2023., Hasani Chenari et al., 2025, Pedley et al., 2025 y Tovar et al., 2025).

4.3. Características principales de los programas de prevención

El análisis de la literatura seleccionada permite establecer un modelo preventivo para la rotura del LCA en el fútbol base masculino. A continuación, se sintetizan los aspectos más relevantes.

Tabla 5. Características principales de los programas de prevención.

Autor	Característica principal
(Owoeye et al., 2014)	Combina carrera de velocidad, fuerza de resistencia y excéntrica, equilibrio estático, pliometría vertical y deceleración.
(Grimm et al. 2015)	Integra fuerza excéntrica de isquiosurales, fuerza de resistencia, pliometría multidireccional, propiocepción estática y dinámica, agilidad y deceleración.
(Stergiou et al. 2025)	Estructuran fuerza excéntrica de isquiosurales, pliometría de alta intensidad, equilibrio dinámico con perturbaciones y agilidad reactiva.
(Obërtinca et al. 2025)	Asocia carrera de movilidad, fuerza de resistencia, fuerza excéntrica de isquiosurales, equilibrio dinámico y pliometría con frenado.
(Padua et al. 2015)	Realiza una evaluación biomecánica clínica mediante el test de salto LESS grabado en vídeo para identificar errores técnicos y clasificar el riesgo lesivo de los futbolistas.
(García-Luna et al. 2020)	Aplica activación neuromuscular, un circuito continuo de fatiga de alta intensidad controlado por escala de Borg y mediciones biomecánicas finales.
(Diker et al. 2022)	Combina la medición madurativa del adolescente con el test de salto LESS analizado por vídeo para calcular los ángulos de flexión y valgo.
(Nawas et al. 2023)	Ejecutan una intervención de fuerza excéntrica mediante el ejercicio de nórdico con una progresión semanal de volumen de repeticiones.
(Pedley et al. 2025)	Pauta un programa neuromuscular que asocia control lumbopélvico de core, fuerza dinámica bipodal y monopodal, y pliometría multidireccional con cajón.
(Tovar et al. 2025)	Efectúa una valoración de capacidades mediante dinamometría de fuerza excéntrica, calidad de aterrizaje con el test LESS y potencia con saltos verticales.
(Hasani Chenari et al. 2025)	Evalúan el tronco usando test sobre plataforma de fuerzas, sensores lumbares en giros y análisis de la inclinación del core en recepción.

Fuente: Elaboración propia basada en (Stergiou et al., 2025, Obërtinca et al., 2025, Owoeye et al., 2014, Grimm et al., 2015, Padua et al., 2015, García-Luna et al., 2020, Diker et al., 2022 Nawas et al., 2024, Hasani Chenari et al., 2025, Pedley et al., 2025 y Tovar et al., 2025).

4.4. Evaluación de los efectos de los programas de prevención sobre la incidencia

El entrenamiento neuromuscular multimodal se confirma como el componente esencial para alterar de forma directa los registros de incidencia del LCA.

Owoeye y colaboradores (2014) determinaron que la aplicación regular del programa con una dosis de al menos 2 sesiones semanales redujo la tasa de incidencia global de lesiones un 41% en comparación con el grupo control. Específicamente en la articulación de la rodilla, el protocolo demostró una reducción del 55% en el riesgo de sufrir lesiones articulares. El grupo de Grimm (2015) encontraron una reducción global de la incidencia de lesiones de LCA del 50%. Los resultados muestran que los equipos con más de 2 sesiones semanales presentaron un riesgo relativo menor, mientras que con baja adherencia la reducción no fue estadísticamente significativa.

Stergiou y colaboradores (2025) observaron una reducción de la incidencia de lesiones de LCA de entre el 45% y el 60%. El éxito estuvo condicionado por una dosis de 15-20 minutos por sesión y una adherencia superior al 80%, demostrando que la inclusión de agilidad reactiva y toma de decisiones es determinante durante los partidos.

El grupo científico Obértinca (2025) registraron un 48% menos de riesgo de sufrir lesiones graves en el grupo que realizó el programa FUNBALL. La tasa de incidencia real bajó a 0.45 lesiones por cada 1.000 horas de juego frente a las 0.86 del grupo control, disminuyendo las lesiones específicas de rodilla un 55%. Los equipos con más de 2 sesiones semanales redujeron el riesgo un 61%, frente a solo un 15% en los que entrenaron menos de 1.5 veces.

4.5. Evaluación de los efectos de los programas de prevención sobre los factores biomecánicos

La evaluación de los resultados obtenidos permite confirmar que la intervención fisioterapéutica modifica la biomecánica lesiva del futbolista, actuando sobre el control motor, los niveles de fuerza y la estabilidad.

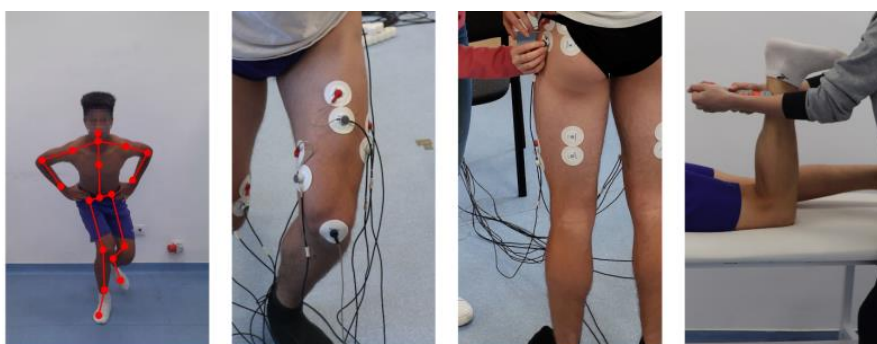
El 44% de los varones presentaban inicialmente una puntuación igual o superior a 5 puntos en el test LESS, concluyendo en que el umbral universal es de alto riesgo de lesión del LCA. Diker y colaboradores (2022) evaluaron a futbolistas varones en diferentes fases madurativas y analizó que durante el pico de crecimiento los adolescentes sufren una desincronización neuromuscular. Esta alteración eleva la puntuación del test LESS a un máximo de 5.46 puntos, reduce la flexión de rodilla en el aterrizaje a solo 11.2 grados y aumenta el valgo dinámico hasta un pico de 5.8 grados.

Nawas y colaboradores (2023) demostraron que la aplicación aislada del ejercicio nórdico disminuye la inestabilidad articular y reduce la incidencia de lesiones de rodilla un 42%. Pedley y colaboradores (2025) señalaron en 102 futbolistas de academias de élite que cada aumento de 0.5 Nm/kg en la fuerza excéntrica muscular del bíceps femoral reduce el valgo

dinámico en 1.2 grados y agranda la flexión protectora de la articulación un 15% durante la fase de recepción del salto.

El grupo de García-Luna (2020) evaluaron antes y después de un circuito de fatiga neuromuscular de alta intensidad, el valor medio del FPPA se desarrolló de 9.14 grados en estado de reposo hasta alcanzar los 11.64 grados al acabar el protocolo. Este incremento del valgo dinámico y de la rotación interna después al esfuerzo evidencia el fallo agudo en el control de los estabilizadores. Tovar y colaboradores (2025) registró que el entrenamiento neuromuscular (figura 4) logra una reducción promedio de 3.4 grados en el ángulo de valgo de rodilla durante la recepción del salto. También, sus datos indicaron que desviaciones laterales del tronco superiores a los 5 grados comprometen la integridad articular, mientras que cada mejora del 10% en el equilibrio monopodal incrementa la estabilidad de la extremidad inferior.

Figura 4. Evaluación de estabilidad.



Fuente: (Tovar et al., 2025)

4.6. Limitaciones metodológicas e implicaciones clínicas

A pesar de la seguridad de los descubrimientos en la reducción del riesgo de lesión del LCA, el análisis crítico de la muestra bibliográfica dejar ver limitaciones que deben ser consideradas para la aplicación práctica en la fisioterapia deportiva.

Una limitación compartida por los grupos de Padua (2015) y Diker (2022) es que las mediciones (figura 5) se realizan habitualmente en laboratorios, Tovar y colaboradores (2025) también muestra lo mismo, no es una situación de partido, no cuentan con el efecto de la fatiga acumulada durante un partido real, factor que García-Luna y colaboradores (2020) identifican como el desencadenante real del fallo neuromuscular.

Figura 6. Test LESS.



Fuente: (Padua et al., 2015)

El grupo de Obërtinca (2025) Señalan que la eficacia varía según quién dirija el programa. La falta de estandarización en la formación de los entrenadores que aplican los protocolos genera una variabilidad en los resultados que dificulta establecer un protocolo único para todos. La evidencia destaca que el fisioterapeuta resulta relevante no solo para diseñar el programa, sino para supervisar la calidad del movimiento. La implicación es clara, la prevención sin feedback técnico constante (test LESS) reduce significativamente el beneficio biomecánico de los 3.4° de mejora previstos.

García-Luna y colaboradores (2020) la limitación principal de este trabajo es que evalúa la fatiga aguda y el FPPA de forma inmediata y en una sesión única. El estudio no realiza un seguimiento a lo largo del tiempo, por lo que no puede establecer si las alteraciones cinemáticas provocadas por el agotamiento físico se mantienen en el tiempo o varían con la adaptación al entrenamiento.

El grupo de Nawas (2023) destacan que la aplicación aislada del ejercicio nórdico representa una limitación de diseño en el programa preventivo, ya que al ser un movimiento ejecutado de forma planificada y en un plano puramente sagital, carece de estímulos mecánicos que corrijan el desplazamiento en el plano frontal, dejando sin abordar de forma directa el mecanismo del valgo dinámico de rodilla.

5. DISCUSIÓN

La presente revisión se propone analizar y contrastar las evidencias científicas más recientes sobre la prevención de lesiones del LCA en el fútbol base masculino. A diferencia de la exposición descriptiva de los resultados, este apartado busca debatir la efectividad real de los componentes preventivos, enfrentando los hallazgos de los autores seleccionados para identificar qué variaciones metodológicas marcan la diferencia clínica.

Tras el análisis de la literatura seleccionada, se han estructurado los puntos clave que presentan mayor relevancia científica y clínica para la prevención de la lesión.

A continuación, la discusión se articulará en torno a cinco temas claves de debate:

1. **Estructuras de protocolos**
2. **El control del valgo dinámico**
3. **La fuerza excéntrica de los isquiosurales**
4. **El control lumbopélvico**
5. **La dosis y carga**

5.1. Estructura de protocolos

Tras analizar los resultados de cada estudio, resulta imprescindible profundizar en el diseño metodológico de las intervenciones. No todos los programas preventivos operan bajo la misma lógica, mientras algunos priorizan la cantidad y diversidad de estímulos para generar adaptaciones globales, otros centran su eficacia en la calidad biomecánica de gestos específicos. Compararemos a continuación dos protocolos. (Owoeye et al., 2014), Grimm et al., 2015).

Tabla 6. Comparativa de Protocolos de Entrenamiento: Sugimoto y Grimm.

Característica	(Owoeye et al., 2014)	(Grimm et al. 2015)
Enfoque	Multimodal: Preventivo, global y estructurado.	Específico: Fase de aterrizaje.
Estructura	3 bloques FIFA 11+: Carrera, Fuerza/Estabilidad, Pliometría/Agilidad.	Circuito de Potencia, 70% Pliometría de impacto.
Clave	Acumulación de diferentes estímulos.	Impacto silencioso y profundidad de flexión.
Dosis	40 min/semanales totales. 2 sesiones.	Calidad máxima en cada repetición.
Objetivo	Reducción de la incidencia de lesiones globales y articulares de rodilla.	Absorción de energía elástica.

Fuente: Elaboración propia (Owoeye et al., 2014) y (Grimm et al., 2015).

El protocolo de Owoeye y colaboradores (2014) es global y busca que el deportista sea fuerte, equilibrado y ágil a partes iguales. Por el contrario, el de Grimm y compañeros (2014) es

más específico y se centra únicamente en la recepción tras el salto, eliminando los ejercicios estáticos por ser menos útiles en la lesión real.

Este debate entre un modelo global y uno analítico se confirma al contrastar otros estudios de la revisión. Por un lado, Silvers-Granelli et al. (2017) apoyan el enfoque global demostrando que un programa multimodal y completo como el FIFA 11+ reduce drásticamente las lesiones al acumular estímulos variados de carrera, fuerza y saltos. Por otro lado, Nawas et al. (2023) evidencian las limitaciones de los modelos analíticos al comprobar que el ejercicio nórdico aislado, aunque mejora la fuerza en el plano sagital, no ofrece estímulos para el plano frontal ni corrige el valgo dinámico. Esto demuestra que, aunque los trabajos específicos de Grimm o Nawas son útiles para objetivos concretos, las estructuras globales son las únicas que ofrecen una protección real ante el caos del partido.

5.2. El control del valgo dinámico

Al evaluar la reducción del valgo dinámico, factor crítico en la rotura del LCA, la literatura presenta resultados variados según la metodología aplicada. La comparativa entre (Padua et al., 2015 y Stergiou et al., 2025) permite identificar cuál de estos programas reporta un beneficio que permite analizar qué enfoque produce mayores mejoras biomecánicas.

Este estudio empleó un protocolo de entrenamiento neuromuscular basado en saltos previstos y feedback verbal técnico. Los resultados muestran una reducción del valgo dinámico de 2.1°. El beneficio obtenido se limita a la mejora de la técnica en un entorno controlado y previsible, donde el deportista tiene tiempo suficiente para organizar su respuesta motora. Este alcance se complementa con los hallazgos de Owøye y colaboradores (2014), quienes demuestran que para reducir el riesgo de lesión en fútbol formativo no es suficiente con intervenciones aisladas, sino que se requiere un programa multimodal estructurado que exponga al deportista a estímulos variables de carrera, agilidad y pliometría de forma repetitiva a lo largo de toda la temporada.

Tabla 7. Comparativa de control del valgo dinámico.

Característica	(Padua et al. 2015)	(Stergiou et al. 2025)
Entorno	Controlado y predecible.	Imprevisible y reactivo.
Foco	Perfección técnica.	Estabilidad ante estímulos externos.
Ejercicios	Saltos bipodales, Squats y Saltos de cajón.	Señales lumínicas, cambios de dirección y perturbaciones.
Mecanismo	El jugador prepara la rodilla de antemano.	El sistema nervioso reacciona en milisegundos.
Prioridad	Técnica perfecta: Calidad del movimiento.	Estabilidad real: Control bajo presión temporal.

Fuente: Elaboración propia (Padua et al., 2015) y (Stergiou et al., 2025)

Al contrastar ambos estudios, se observa que el programa reactivo de Stergiou y colaboradores (2025) es un 66% más efectivo en la corrección del valgo que el modelo tradicional de Padua y colaboradores (2015), con una diferencia neta de 1.4° . Esta diferencia se justifica porque el entrenamiento reactivo obliga al sistema nervioso a generar una contracción muscular protectora más rápida y automática. Mientras que el programa de Padua mejora la estética del salto, el de Stergiou mejora la funcionalidad protectora ante imprevistos, lo que explica por qué los resultados numéricos son significativamente superiores en el segundo caso.

Este comportamiento de la rodilla y la ventaja de los ejercicios con imprevistos se ven claramente respaldados al comparar los resultados con otros estudios en futbolistas masculinos. Por un lado, Hasani Chenari y colaboradores (2025) demuestran que aplicar el programa Stop X en jóvenes futbolistas varones que ya tenían valgo de rodilla consigue mejoras reales en el movimiento y aumenta un 14% la estabilidad en el juego, lo que confirma que reaccionar ante imprevistos ayuda a colocar mejor la articulación. Por otro lado, el grupo de García-Luna (2020) estudiaron y comprobaron que los calentamientos preventivos tradicionales pierden casi toda su utilidad después de jugar con mucha intensidad, haciendo que la rodilla se vaya hacia dentro hasta 1.8 grados más a medida que aparece el agotamiento. Este dato confirma que los entrenamientos simples y previsibles como el de Padua y colaboradores (2015) fallan cuando el jugador está cansado en el partido, mientras que los modelos rápidos y con imprevistos como el del grupo científico Stergiou (2025) son los únicos que de verdad protegen la rodilla en los minutos reales de competición.

5.3. La fuerza excéntrica de los isquiosurales

En el debate sobre la fuerza excéntrica, al comparar los datos de los grupos Nawas (2023) y Pedley (2025), el punto clave es determinar si solo hacer el ejercicio es suficiente o si el éxito depende de alcanzar un nivel de fuerza específico. En el uso del ejercicio nórdico como freno de la tibia, los resultados varían según la exigencia y la progresión de la carga. El grupo de Nawas (2023) propone un protocolo dentro del calentamiento 2 series de 5-8 repeticiones controladas, enfocado en la concienciación de la frenada, reportando una fuerza final de 0.45 Nm/kg. Por su parte, Pedley y colaboradores (2025) utilizan una carga progresiva hasta el fallo muscular donde el jugador aguanta la caída cada vez más cerca del suelo, logrando elevar el ratio a 0.5 Nm/kg.

Esta diferencia neta de 0.05 Nm/kg, aunque parece pequeña, es la que marca la diferencia en acciones de deceleración máxima. El beneficio de buscar un umbral tan exigente en el complejo isquiosural se entiende perfectamente al contrastar otros estudios de la revisión. Por un lado, Alentorn-Geli y colaboradores (2009) describen que el principal mecanismo de lesión no contacto ocurre cuando una contracción potente y dominante del cuádriceps tira de la tibia hacia adelante sin una oposición adecuada de los flexores de la rodilla. Por otro lado, el grupo de Diker (2022) demuestra que, si la musculatura isquiosural no tiene la fuerza excéntrica suficiente para equilibrar al cuádriceps, la rodilla queda totalmente indefensa en los aterrizajes y giros.

Por tanto, se concluye que el protocolo del grupo de Nawas (2023) es útil para un equilibrio muscular básico, pero el de Pedley y colaboradores (2025) es el único que ofrece protección mecánica real; solo alcanzando ese umbral crítico de 0.5 Nm/kg se garantiza que el grupo isquiosural tenga la fuerza necesaria para neutralizar la tracción del cuádriceps y evitar que la tibia se desplace hacia adelante de forma peligrosa.

5.4. El control lumbopélvico

En este punto de la discusión se analiza qué metodología de entrenamiento del tronco es más eficaz para estabilizar la rodilla, comparando la resistencia isométrica frente a la respuesta ante perturbaciones externas.

Al analizar las variaciones en los protocolos, Tovar y colaboradores (2025) apuestan por un modelo estático basado en planchas, logrando una mejora del 25% en la estabilidad postural en apoyo monopodal tras 20 segundos de evaluación. Por el contrario, Pedley y colaboradores (2025) proponen una metodología dinámica con perturbaciones y cargas asimétricas, demostrando que este enfoque dinámico es un 15% más efectivo para neutralizar el valgo en aterrizajes debido a una velocidad de activación abdominal un 30% superior.

Para apoyar la importancia del tronco sobre la extremidad inferior, el grupo de Hasani Chenari (2025) aporta evidencias cuantitativas mediante el programa Stop-X, registrando un incremento del 14% en la estabilidad en el juego y mejores alcances dinámicos. Estos datos respaldan que la fuerza central se transfiere directamente a la alineación cinemática del miembro inferior. Por el contrario, García-Luna y colaboradores (2020) parecen refutar la suficiencia de los modelos estáticos en fatiga, al demostrar que el agotamiento agudo degrada los estabilizadores del core e incrementa el valgo dinámico (FPPA) hasta los 11.64 grados en situaciones reales de esfuerzo.

En conclusión, el debate sugiere una jerarquía de entrenamiento. Mientras la base de Tovar y colaboradores (2025) construye la resistencia para evitar el cansancio, la reacción dinámica de Pedley y colaboradores (2025), apoyada por el grupo de Hasani Chenari (2025), ofrece la seguridad real ante imprevistos. Por tanto, para evitar el colapso que advierten García-Luna y colaboradores (2020), el fisioterapeuta debe priorizar ejercicios dinámicos ante fuerzas externas.

5.5. La dosis y carga

En este apartado se debate si la eficacia depende de los minutos por sesión, la frecuencia semanal, la asistencia o el control técnico, enfrentando cuatro visiones de la literatura.

Por un lado, en cuanto a la cantidad de estímulo, Stergiou y colaboradores (2025) defienden el control del tiempo diario, fijando una dosis de 15 a 20 minutos por sesión para introducir agilidad reactiva y toma de decisiones. Por el contrario, el grupo de Grimm (2014) prioriza la frecuencia semanal, demostrando una reducción global de la incidencia del 50% únicamente en los equipos que superan las dos sesiones por semana. Esto concluye que

volúmenes inferiores distribuidos de forma irregular no logran cambios estables en la absorción del impacto ni adaptaciones protectoras duraderas.

Por otro lado, respecto a la viabilidad en el campo, el grupo de Obërtinca (2025) condiciona todo el éxito a la asistencia, demostrando que bajar la tasa lesiva a 0.45 lesiones por 1.000 horas exige una adherencia superior al 80%, ya que si cae por debajo del 50% el efecto protector sobre la rodilla se anula por completo. A esto, Padua y colaboradores (2015) añaden que acumular minutos es inútil sin control técnico, puesto que realizar los saltos de forma mecánica y sin un feedback constante anula la reducción de errores en el test LESS, impidiendo corregir el valgo dinámico. A esta dosificación temporal se suma el factor de la continuidad a medio plazo; en este sentido, el grupo de Hasani Chenari (2025) demuestra que para que estos estímulos neuromusculares empiecen a reflejar una eficacia clínica real y cambios significativos en el control motor del futbolista, se requiere un periodo mínimo de 8 semanas de intervención continuada.

En conclusión, el éxito no es una cuestión de minutos totales, sino de regularidad y calidad. El fisioterapeuta debe pautar la dosis corta de Stergiou y colaboradores (15-20 minutos) con la frecuencia del grupo de Grimm (más de dos días), asegurando la asistencia del grupo de Obërtinca y la supervisión técnica que exige Padua y colaboradores para consolidar un verdadero beneficio biomecánico.

5.6. Futuras líneas de investigación y propuesta práctica

En investigaciones futuras es prioritario indagar en el impacto de la maduración biológica sobre el control motor y las incertidumbres del valgo dinámico durante el estirón. También, se requiere profundizar en la monitorización objetiva de la fatiga acumulada y su relación con el retraso en la activación muscular de la rodilla. Por último, los estudios futuros deben validar si las mejoras biomecánicas obtenidas con agilidad reactiva y estrés cognitivo simulado se sostienen eficazmente durante la competición real.

Como resultado de la revisión y la discusión de la literatura, se propone el siguiente protocolo de intervención:

- **Frecuencia:** 2-3 sesiones por semana.
- **Duración:** 15-20 minutos por sesión.
- **Adherencia:** Es imprescindible un cumplimiento superior al 80% para observar reducciones en la incidencia de lesión.
- **Progresividad:** Aumento de la complejidad técnica cada 4 semanas, adaptándose especialmente a los jugadores en pico de crecimiento (Diker et al., 2022).

Tabla 8. Propuesta protocolo preventivo.

Bloque	Ejercicio Propuesto	Volumen	Justificación ejercicio
1. Core	Planchas laterales con abducción de cadera perturbaciones en apoyo monopodal.	2-3 series x 30 segundos.	Reducir la oscilación del tronco > 5° para estabilizar la rodilla (Tovar et al., 2025).
2. Fuerza Excéntrica	1 Nórdicos, isquiosurales. 2 Búlgaras, fase excéntrica de 3s.	2-3 series x 6-10 repeticiones.	Alcanzar los 0.5 Nm/kg que actúa como freno de la tibia (Pedley et al., 2025).
3. Pliometría y Aterrizaje	Drop Jumps desde cajón de 30 cm con enfoque en la recepción lo más elástica posible.	2-3 series x 10 saltos.	Reeducar el impacto para superar los 15° de flexión de rodilla (Diker et al., 2022).
4. Agilidad Reactiva	Sprints de 5m con cambios de dirección ante estímulos visuales (luces de colores).	2-3 series x 5-8 repeticiones.	Garantizar el control motor bajo fatiga y estrés cognitivo (Stergiou et al., 2025).

Fuente: Elaboración propia basada en (Pedley et al., 2025) (Diker et al., 2022) (Tovar et al., 2025). y (Stergiou et al 2025).

5.7. Limitaciones

A pesar de la evidencia recopilada, el presente trabajo identifica limitaciones que deben ser consideradas. En primer lugar, existe una escasez de artículos científicos que analicen de forma aislada el fútbol base masculino, encontrándose una predominancia de estudios en población femenina o adulta. Además, al tratarse de una propuesta teórica, los resultados están sujetos a la adherencia real de los cuerpos técnicos y a la variabilidad individual del crecimiento biológico. En el plano biomecánico, las evaluaciones se realizan a corto plazo y en entornos de laboratorio, ignorando si el patrón protector se retiene o cómo responde el sistema neuromuscular ante situaciones reales. Finalmente, falta una evaluación a largo plazo, faltan datos que demuestren si estos patrones mecánicos protectores se retienen en el futbolista a lo largo de los años o si se pierden al parar el estímulo.

6. CONCLUSIONES

1. Se concluye que los programas de prevención fisioterapéutica basados en el entrenamiento neuromuscular completo son la estrategia más eficaz en el fútbol base, demostrando una reducción significativa en las tasas de incidencia de lesiones del LCA al unir la preparación física con las demandas cognitivas del deporte.
2. Se determina que el éxito de los protocolos depende de la dosis-respuesta. La literatura científica demuestra que se requiere una alta constancia entre 8-10 semanas de intervención continuada, un compromiso mínimo semanal de entre 20 y 30 minutos totales repartidos en varios días y una adherencia superior al 80% de la plantilla para consolidar adaptaciones protectoras duraderas, concluyendo que los entrenamientos ocasionales o mal ejecutados no son útiles para la prevención real.
3. Se identifican como pilares esenciales e imprescindibles la fuerza excéntrica, la pliometría, la propiocepción, el equilibrio dinámico y la estabilidad del core. La combinación guiada de estos elementos optimiza la respuesta del sistema nervioso y mejora el control del movimiento general del futbolista durante las acciones reales de juego.
4. Se demuestra que estos componentes modifican directamente los patrones de movimiento logrando reducir la incidencia significativamente, consiguen mejorar la absorción de fuerzas, optimizar la amortiguación en el aterrizaje y corregir el valgo dinámico de rodilla. De esta forma, se concluye que la práctica clínica debe considerar la etapa madurativa del futbolista, ya que el rápido crecimiento óseo y los cambios propios de la adolescencia alteran temporalmente el control motor, aumentando la vulnerabilidad biomecánica en esta población.
5. Se evidencia que las intervenciones reactivas que simulan el estrés y la fatiga de la competición real ofrecen mejoras biomecánicas muy superiores a los modelos predecibles de laboratorio. Los estímulos aleatorios con toma de decisiones bajo fatiga son los únicos que consiguen automatizar la respuesta protectora de la rodilla y gestionar las fuerzas de impacto articular en situaciones impredecibles del partido.
6. En conclusión, las limitaciones de laboratorio, el plano único de trabajo y la falta de supervisión demuestran que las evaluaciones controladas no reflejan la realidad del partido. Para la práctica clínica en fisioterapia deportiva, esto implica que no es suficiente con prescribir ejercicios analíticos de forma aislada. El éxito preventivo necesita que el profesional lidere programas en el propio campo de juego, integrando el control motor con la fatiga acumulada y perturbaciones imprevistas que simulen la competición.

7. Bibliografía / Referencias

1. Alentorn-Geli, E., Myer, G. D., Silvers, H. J., Samitier, G., Romero, D., Lázaro-Haro, C., & Cugat, R. (2009). Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 17(7), 705–729. <https://doi.org/10.1007/s00167-009-0813-1>
2. Della Villa, F., Di Paolo, S., & Buckthorpe, M. (2025). Editorial Commentary: Video Analysis of Football (Soccer) Injury Can Guide Rehabilitation and Recovery. *Arthroscopy : the journal of arthroscopic & related surgery : official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association*, 41(9), 3663–3665. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2025.04.010>
3. Diker G, Struzik A, Ön S, Zileli R. The Relationship between the Hamstring-to-Quadriceps Ratio and Jumping and Sprinting Abilities of Young Male Soccer Players. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Jun 18;19(12):7471. doi: 10.3390/ijerph19127471. PMID: 35742720; PMCID: PMC9224157.
4. Di Paolo, S., Buckthorpe, M., Pirli Capitani, L., Ciampone, L., Bravo-Sánchez, A., Mendicino, M., Tosarelli, F., Grassi, A., Zaffagnini, S., & Della Villa, F. (2025). Boosting the clinical use of ground reaction forces in anterior cruciate ligament injury prevention: The 'CUTtheACL' study. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*, 33(11), 4059–4069. <https://doi.org/10.1002/ksa.70017>
5. García-Luna, M. A., Cortell-Tormo, J. M., García-Jaén, M., Ortega-Navarro, M., & Tortosa-Martínez, J. (2020). Acute effects of ACL injury-prevention warm-up and soccer-specific fatigue protocol on dynamic knee valgus in youth male soccer players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(15), 5608. <https://doi.org/10.3390/ijerph17155608>
6. Grimm NL, Jacobs JC, Kim J, Denney BS, Shea KG. Programas de prevención de lesiones de ligamento cruzado anterior y rodilla para futbolistas: Revisión sistemática y metaanálisis. *The American Journal of Sports Medicine* . (2014);43(8):2049-2056. doi: [10.1177/0363546514556737](https://doi.org/10.1177/0363546514556737)
7. Gokeler, A., Seil, R., Kerkhoffs, G. *et al.* Un nuevo enfoque para mejorar los programas de prevención de lesiones del ligamento cruzado anterior. *J EXP ORTOP* 5 , 22 (2018). <https://doi.org/10.1186/s40634-018-0137-5>
8. Hasani Chenari, R., Nasab Firouzjah, E. M. A., & Roshani, S. (2025). The effect of Stop X exercises on balance, strength and range of motion of male adolescent football players with dynamic knee valgus. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-00840-7>
9. Mawson, R., Creech, M. J., Peterson, D. C., Farrokhyar, F., & Ayeni, O. R. (2018). Lower limb injury prevention programs in youth soccer: a survey of coach knowledge, usage, and barriers. *Journal of experimental orthopaedics*, 5(1), 43. <https://doi.org/10.1186/s40634-018-0160-6>

10. Nawas, H., Fleming, H., & Purcell, S. (2023). ACL Injuries in Soccer Players: Prevention and Return to Play Considerations. *Missouri medicine*, 120(6), 446–450.
11. Nessler, T., Denney, L., & Sampley, J. (2017). ACL Injury Prevention: What Does the Evidence-Based Protocol Look Like? *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 10(3), 281–288. <https://doi.org/10.1007/s12178-017-9412-x>
12. Obërtinca, R., Meha, R., Hoxha, I. *et al.* Impacto del programa «FUNBALL» en las lesiones graves entre jóvenes futbolistas masculinos: un análisis secundario de un ensayo controlado aleatorizado por conglomerados. *Sports Med - Open* 11 , 151 (2025). <https://doi.org/10.1186/s40798-025-00945-3>
13. Owoeye, O. B., Akinbo, S. R., Tella, B. A., & Olawale, O. A. (2014). Efficacy of the FIFA 11+ Warm-Up Programme in Male Youth Football: A Cluster Randomised Controlled Trial. *Journal of sports science & medicine*, 13(2), 321–328.
14. Padua DA, DiStefano LJ, Beutler AI, de la Motte SJ, DiStefano MJ, Marshall SW. El sistema de puntuación de errores de aterrizaje como herramienta de cribado para un programa de prevención de lesiones del ligamento cruzado anterior en jóvenes futbolistas de élite. *Journal of Athletic Training* . 2015 Jun;50(6):589–595. doi:10.4085/1062-6050-50.1.10
15. Pedley, J. S., Lloyd, R. S., Read, P. J., Moore, I. S., Myer, G. D., & Oliver, J. L. (2025). Drop jump vertical kinetics identify male youth soccer players at greater risk of non-contact knee injury. *Physical therapy in sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 73, 48–56. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2025.03.003>
16. Silvers-Granelli, HJ, Bizzini, M., Arundale, A. *et al.* ¿Reduce el programa de prevención de lesiones FIFA 11+ la incidencia de lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) en futbolistas masculinos? *Clin Orthop Relat Res* 475 , 2447–2455 (2017). <https://doi.org/10.1007/s11999-017-5342-5>
17. Stergiou, M., Calvo, A. L., & Forelli, F. (2025). Effectiveness of Neuromuscular Training in Preventing Lower Limb Soccer Injuries: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of clinical medicine*, 14(5), 1714. <https://doi.org/10.3390/jcm14051714>
18. Tovar O, Molnár D, Soussi B, Uhlár Á, Horváth T, Ambrus M. The Effect of Functional Training on Dynamic Knee Valgus of Youth Soccer Players: A Pilot Study. *Int J Exerc Sci*. 2025 Jun 1;18(7):561-574. doi: 10.70252/IIMQ1487. PMID: 40708772; PMCID: PMC12289232.
19. Weber, TA, Duchene, Y., Simon, FR, Mornieux, G., & Gauchard, GC (2024). Evolución de la estabilidad del tronco, el rendimiento atlético y el riesgo de lesión del ligamento cruzado anterior a lo largo de una temporada de fútbol. *Applied Sciences* , 14 (10), 4116. <https://doi.org/10.3390/app14104116>

8. Anexos

Anexo 1. Fifa 11+

La cifra de incidencia: 0,32/1.000h es un dato muy específico de 2024 que da mucha autoridad.

El porcentaje de "No contacto": 70-85% justifica por qué tu TFG se centra en la prevención y no en el choque fortuito.

Grados de flexión: Mencionar los <30° de flexión de rodilla es un parámetro clínico real que los fisioterapeutas evalúan.

Tiempos de reacción: Los 40-60 ms explican por qué la lesión ocurre tan rápido que el cerebro no puede reaccionar si no está entrenado.

Autores principales

Mario Bizzini: Fisioterapeuta e investigador principal del Centro Médico Schulthess Klinik (Suiza). Es la cara más visible del proyecto y quien ha liderado la mayoría de los estudios de implementación.

Jiří Dvořák: Neurólogo y Jefe Médico de la FIFA en el momento de la creación. Fue el impulsor institucional del programa.

Astrid Junge: Investigadora y psicóloga alemana, clave en el análisis de datos epidemiológicos que validaron que el programa reducía las lesiones.

Lars Engebretsen: Cirujano ortopédico noruego y codirector del **OSTRC** (Oslo Sports Trauma Research Center). Aportó la base científica sobre la biomecánica de la rodilla.

Holly Silvers-Granelli: Fisioterapeuta estadounidense (fundadora del programa **PEP** de Santa Mónica). Su trabajo previo fue la base técnica sobre la que se construyó el 11+.

Instituciones fundadoras

F-MARC (FIFA Medical Assessment and Research Centre, Zúrich).

OSTRC (Oslo Sports Trauma Research Center, Noruega).

Santa Monica Orthopaedic and Sports Medicine Foundation (EE. UU.).

Anexo 2. Protocolo Propuesto con imágenes

Tabla 9. Protocolo Propuesto con imágenes.

Bloque	Ejercicio Propuesto	Volumen	Justificación ejercicio	Imagen
1. Core	Planchas laterales con abducción de cadera Perturbaciones en apoyo monopodal.	2-3 series x 30 seg	Reducir la oscilación del tronco $> 5^\circ$ para estabilizar la rodilla (Tovar et al., 2025).	
2. Fuerza Excéntrica	1 Nórdicos 2 Búlgara (fase excéntrica de 3s).	2-3 x 6-10 rep	Alcanzar los 0.5 Nm/kg que actúa como freno de la tibia (Pedley et al., 2025).	

				
3. Pliometría y Aterrizaje	Drop Jumps desde cajón de 30 cm con enfoque en la recepción lo más elástica posible .	2 x 10 saltos	Reeducar el impacto para superar los 15° de flexión de rodilla (Diker et al., 2022).	
4. Agilidad Reactiva	Sprints de 5m con cambios de dirección ante estímulos visuales (luces de colores).	2 x 5-8 rep.	Garantizar el control motor bajo fatiga y estrés cognitivo (Stergiou et al., 2025).	

Fuente: Elaboración propia basada en (Pedley et al., 2025) (Diker et al., 2022) (Tovar et al., 2025). y (Stergiou et al 2025)

Anexo 3. Comparación protocolo propuesto con protocolo convencional

La principal diferencia entre el protocolo desarrollado en este TFG y los modelos convencionales (como el FIFA 11+ analizado por (Grimm et al., 2015)) radica en la transición de un modelo estático-analítico hacia un modelo dinámico-reactivo.

Tabla 10. Comparación protocolo convencional y propuesto

Dimensión	Protocolo Convencional	Protocolo Propuesto
Naturaleza del estímulo	Cerrado y previsto: El jugador conoce el movimiento de antemano.	Abierto y reactivo: Integra incertidumbre y toma de decisiones (Stergiou, 2025).
Control del Tronco	General planchas estáticas.	Planchas con perturbaciones: (Tovar, 2025).
Momento de Aplicación	Exclusivamente en el calentamiento, cuando los jugadores están en las mejores condiciones.	Dosis de refuerzo bajo fatiga: Al final de la sesión (García-Luna, 2020).
Individualización	Basado en la edad cronológica.	Basado en la Maduración Biológica (Test LESS y PVC) (Diker, 2022).

Fuente: Elaboración propia basado en (Stergiou, 2025), (Tovar, 2025), (García-Luna, 2020) y (Diker, 2022).

Mientras que el protocolo convencional se centra en mejorar la técnica de salto en un entorno controlado, este trabajo demuestra que la mayoría de las lesiones ocurren bajo estrés cognitivo.

Anexo 3. El Test LESS (Hoja de Evaluación de Padua)

El objetivo es evaluar la calidad biomecánica del aterrizaje mediante una observación visual simple. Se requiere un cajón de 30 cm de altura y una marca en el suelo a una distancia del 50% de la altura del sujeto.

1. **Ejecución:** El deportista salta desde el cajón hacia la marca, aterriza y, de inmediato, realiza un salto vertical máximo.
2. **Grabación:** Se graba desde el plano frontal y sagital.
3. **Puntuación:** Se analizan 17 ítems. Cada error o patrón de riesgo suma **1 punto**.
 - **0-4 puntos:** Técnica excelente/buena (Bajo riesgo).
 - **5 o más puntos:** Técnica deficiente (Alto riesgo de lesión de LCA).

Figura 7. Hoja de Evaluación de Padua

Table 1. Operational Definitions for Individual Landing Error Scoring System Items

Landing Error Scoring System Item	Operational Definition of Error	Scoring
Knee flexion: initial contact	The knee is flexed less than 30° at initial contact.	0 = Absent 1 = Present
Hip flexion: initial contact	The thigh is in line with the trunk at initial contact.	0 = Absent 1 = Present
Trunk flexion: initial contact	The trunk is vertical or extended on the hips at initial contact.	0 = Absent 1 = Present
Ankle plantar flexion: initial contact	The foot lands heel to toe or with a flat foot at initial contact.	0 = Absent 1 = Present
Medial knee position: initial contact	The center of the patella is medial to the midfoot at initial contact.	0 = Absent 1 = Present
Lateral trunk flexion: initial contact	The midline of the trunk is flexed to the left or the right side of the body at initial contact.	0 = Absent 1 = Present
Stance width: wide	The feet are positioned greater than shoulder width apart (acromion processes) at initial contact.	0 = Absent 1 = Present
Stance width: narrow	The feet are positioned less than shoulder width apart (acromion processes) at initial contact.	0 = Absent 1 = Present
Foot position: external rotation	The foot is externally rotated more than 30° between initial contact and maximum knee flexion.	0 = Absent 1 = Present
Foot position: internal rotation	The foot is internally rotated more than 30° between initial contact and maximum knee flexion.	0 = Absent 1 = Present
Symmetric initial foot contact: initial contact	One foot lands before the other foot or 1 foot lands heel to toe and the other foot lands toe to heel.	0 = Absent 1 = Present
Knee-flexion displacement	The knee flexes less than 45° between initial contact and maximum knee flexion.	0 = Absent 1 = Present
Hip-flexion displacement	The thigh does not flex more on the trunk between initial contact and maximum knee flexion.	0 = Absent 1 = Present
Trunk-flexion displacement	The trunk does not flex more between initial contact and maximum knee flexion.	0 = Absent 1 = Present
Medial-knee displacement	At the point of maximum medial knee position, the center of the patella is medial to the midfoot.	0 = Absent 1 = Present
Joint displacement	Soft: the participant demonstrates a large amount of trunk, hip, and knee displacement. Average: the participant has some, but not a large amount of, trunk, hip, and knee displacement. Stiff: the participant goes through very little, if any, trunk, hip, and knee displacement.	0 = Soft 1 = Average 2 = Stiff
Overall impression	Excellent: the participant displays a soft landing with no frontal-plane or transverse-plane motion. Average: all other landings. Poor: the participant displays large frontal-plane or transverse-plane motion, or the participant displays a stiff landing with some frontal-plane or transverse-plane motion.	0 = Excellent 1 = Average 2 = Poor

Fuente: (Padua et al., 2015)

Anexo 4. Escala Borg CR 0-10

Es una escala de intensidad subjetiva que permite al futbolista cuantificar su nivel de esfuerzo, fatiga o falta de aire durante el ejercicio. A diferencia de la escala 6-20 (tradicional), la **CR-10** es más precisa para el alto rendimiento porque utiliza una progresión no lineal que se ajusta mejor a la respuesta fisiológica del deportista.

Protocolo de Aplicación:

1. **Momento:** Se pregunta al jugador justo al finalizar el bloque de fatiga o el entrenamiento.
2. **La Pregunta:** "¿Cómo de duro ha sido el esfuerzo?" o "¿Cuál es tu nivel de fatiga en este momento?".

3. **Referencia:** El 0 representa el reposo total y el 10 representa el esfuerzo máximo imaginable (el punto de agotamiento total).

Tabla 11. Escala CR-10

Valor	Nivel de Esfuerzo	Descripción Clínica
0	Reposo total	Nada de esfuerzo (sentado o tumbado).
0.5	Extremadamente suave	Apenas perceptible.
1	Muy suave	Actividad muy ligera.
2	Suave	Esfuerzo ligero, se puede mantener conversación.
3	Moderado	Esfuerzo estable.
4	Un poco duro	Empieza a costar mantener el ritmo.
5	Duro	Esfuerzo fuerte, respiración agitada.
6	-	Fase de transición.
7	Muy duro	Esfuerzo muy intenso, difícil de mantener.
8	-	Fatiga acumulada severa.
9	Extremadamente duro	Casi el máximo esfuerzo.
10	Máximo absoluto	Punto de fallo o agotamiento total.

Elaboración propia

Anexo 5. Cronograma semanal

Para cumplir con la especificidad de la fatiga (García-Luna et al., 2020) y la toma de decisiones (Stergiou et al., 2025), el protocolo se fragmenta en bloques con objetivos distintos:

Tabla 12. Cronograma semanal

Día	Momento	Bloque de Contenidos	Duración
Lunes	Calentamiento	Bloque A (Neuromuscular Base): Control lumbopélvico, fuerza excéntrica (Nórdico) y técnica de aterrizaje estable.	8-12 min
Martes	-	Descanso	-
Miércoles	Final Sesión	Bloque B (Específico/Reactivo): Agilidad reactiva, cambios de dirección ante estímulo visual y saltos bajo fatiga metabólica.	8-12 min
Jueves	-	-	-
Viernes	Calentamiento	Bloque C (Activación): Pliometría de baja intensidad y reactividad rápida (Pre-partido).	5-10 min
Sábado		Competición o descanso	-
Domingo		Competición o descanso	-

Elaboración propia basada en (García-Luna et al., 2020) (Stergiou et al., 2025)

UNIVERSIDAD EUROPEA DE VALENCIA

Facultad de Ciencias de la Salud

Grado en Fisioterapia

Trabajo Fin de Grado

Curso 2025-2026

Eficacia de los programas de prevención de lesiones del ligamento cruzado anterior en futbolistas adolescentes masculinos: una revisión bibliográfica.

TRABAJO FINAL DE GRADO PRESENTADO POR:

D. Aitor Luengo Castelló

TUTOR/A DEL TRABAJO:

Dr. Jesús Adolfo Alarcón Gómez

Valencia, 2026