Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud.

Carrera Lic. Kinesiología y Fisiatría.

Año 2025.

Trabajo Final de Carrera (Tesis).

“Eficacia del entrenamiento neuromuscular como estrategia de prevención para la lesión del LCA.”

Alumno:

Santiago Falcón.

Santiago.Falcon@Alumnos.uai.edu.ar.

Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud.

Universidad Abierta Interamericana.

Tutor:

Lic. Carlos Alberto Leoni.

Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud.

Universidad Abierta Interamericana.

Eficacia del entrenamiento neuromuscular como estrategia de prevención para la lesión del LCA.

Resumen

Antecedentes: La lesión del ligamento cruzado anterior (LCA) representa una de las lesiones más frecuentes y limitantes en atletas, especialmente en deportes que implican giros, saltos y cambios bruscos de dirección. Su alta incidencia y consecuencias a largo plazo han motivado la búsqueda de estrategias preventivas efectivas, entre ellas el entrenamiento neuromuscular. **Objetivo:** Evaluar la eficacia del entrenamiento neuromuscular como estrategia preventiva para la lesión del LCA, identificando los tipos de ejercicios más efectivos y sus componentes clave. **Materiales y Métodos:** Se realizó una revisión narrativa de la literatura científica, incluyendo ensayos clínicos, revisiones sistemáticas y metaanálisis publicados entre 2008 y 2024, a través de bases de datos como PubMed, Medline y Scielo. Se seleccionaron artículos que evaluaron programas de entrenamiento neuromuscular aplicados a atletas, con foco en la prevención de lesiones del LCA. **Resultados:** Los estudios revisados indican que los programas de entrenamiento neuromuscular pueden reducir el riesgo de lesión del LCA en aproximadamente un 50%. Los programas multicomponentes, que incluyen ejercicios de fuerza, pliometría, flexibilidad, balance y agilidad, realizados 2 a 3 veces por semana durante al menos 15 a 20 minutos, mostraron ser más efectivos que aquellos enfocados en un solo componente. **Conclusión:** El entrenamiento neuromuscular constituye una herramienta eficaz para la prevención de lesiones del LCA cuando se implementa correctamente y de forma personalizada. La intervención debe realizarse de manera continua y supervisada, adaptándose a las características del atleta. Se requiere mayor investigación para optimizar su aplicación en diferentes disciplinas deportivas.

Palabras clave: Entrenamiento neuromuscular, ligamento cruzado anterior (LCA), prevención de lesiones, atletas, programas multicomponentes.

Effectiveness of neuromuscular training as a prevention strategy for ACL injury.

Abstract

Background: Anterior cruciate ligament (ACL) injury represents one of the most common and limiting injuries in athletes, especially in sports that involve twisting, jumping, and sudden changes of direction. Its high incidence and long-term consequences have motivated the search for effective preventive strategies, including neuromuscular training. **Objective**: To evaluate the efficacy of neuromuscular training as a preventive strategy for ACL injury, identifying the most effective types of exercises and their key components. **Methods:** A narrative review of the scientific literature was conducted, including clinical trials, systematic reviews, and meta-analyses published between 2008 and 2024, using databases such as PubMed, Medline, and Scielo. Articles that evaluated neuromuscular training programs applied to athletes, with a focus on ACL injury prevention, were selected. **Results**: The reviewed studies indicate that neuromuscular training programs can reduce the risk of ACL injury by approximately 50%. Multicomponent programs, which include strength, plyometric, flexibility, balance, and agility exercises, performed two to three times per week for at least 15 to 20 minutes, were shown to be more effective than those focused on a single component. **Conclusion:** Neuromuscular training is an effective tool for ACL injury prevention when implemented correctly and in a personalized manner. The intervention should be continuous and supervised, adapting to the athlete's characteristics. Further research is needed to optimize its application in different sports disciplines.

Keywords: Neuromuscular training, anterior cruciate ligament (ACL), injury prevention, athletes, multicomponent programs.

1. Introducción

El ligamento cruzado anterior (LCA) es uno de los cuatro principales ligamentos de la rodilla que se encuentra en el centro de la articulación. Es crucial ya que proporciona estabilidad a la misma, y su ruptura puede llevar a una inestabilidad significativa y a un aumento del riesgo de osteoartritis a largo plazo. (1)(2)(3)

La lesión de este ligamento es una de las más comunes y debilitantes en el ámbito deportivo, especialmente en deportes que implican giros bruscos, saltos y cambios rápidos de dirección, por lo general se da por un mecanismo indirecto. (2)(3)

Los factores de riesgo para las lesiones de LCA incluyen factores intrínsecos y extrínsecos. Dentro de los primeros encontramos la laxitud articular, el acortamiento muscular, el sexo, el déficit neuromuscular, lesiones previas, entre otros. Mientras que, en los extrínsecos, localizamos el calzado, la superficie de juego, el tipo de deporte, etc. (2)(3)

Respecto a los factores de riesgo intrínsecos, el sexo es particularmente relevante, ya que las diferencias anatómicas, hormonales, biomecánicas y el control neuromuscular contribuyen a una disparidad en la tasa de lesiones del LCA. Se ha demostrado que las mujeres tienen un riesgo de lesión de LCA de 2.1 a 3.4 veces mayor que los hombres, en deportes donde el nivel de intensidad y demanda física es comparable entre ambos sexos. (2)(4)

Es fundamental destacar la relevancia de la biomecánica y el control neuromuscular, en particular, el control del core y la propiocepción, que son factores de riesgo modificables. La disminución en la capacidad de controlar el desplazamiento del tronco después de movimientos rápidos se asocia con una mayor predisposición a las lesiones, con una sensibilidad del 90% y una especificidad del 56% para predecir este tipo de lesiones. (2)

Asimismo, las mujeres post-puberales presentan mayores fuerzas de aterrizaje y tasas de carga, así como menores relaciones de fuerza de contracción entre los isquiotibiales y el cuádriceps a altas velocidades angulares en comparación con los hombres. Estas diferencias neuromusculares en las mujeres pueden incrementar los movimientos y las cargas en el plano frontal de la rodilla durante los movimientos deportivos, aumentando así el riesgo de lesión. (2)

Un déficit en el control neuromuscular del cuerpo, y más específicamente de tronco y cadera, puede predisponer a una posible lesión de LCA ya que conlleva a tener una propiocepción y un reclutamiento muscular disminuido.

Dentro de la prevención de este tipo de lesiones existen diferentes programas de entrenamientos diseñados para mejorar la flexibilidad, la fuerza muscular, la técnica deportiva y demás. Entre estas estrategias se encuentra el entrenamiento del déficit neuromuscular, que, mediante ejercicios pliométricos, de coordinación y de fuerza, buscan mejorar el mismo.

El entrenamiento neuromuscular tiene como objetivo mejorar la estabilidad y el control motor de las articulaciones, es decir, trabajar en el control que tiene el cerebro sobre los movimientos de los músculos.

El término "neuromuscular" hace referencia a la interacción funcional entre el sistema nervioso y el sistema muscular, la cual permite el control y ejecución del movimiento. Esta interacción ocurre a través de la unión neuromuscular, donde las neuronas motoras transmiten impulsos eléctricos a las fibras musculares, generando su contracción y permitiendo la realización de movimientos voluntarios e involuntarios. (11)

Según McArdle, Katch y Katch (12), el sistema neuromuscular es fundamental para la producción de fuerza, la coordinación y la adaptación al entrenamiento físico. Este sistema no solo regula la activación muscular, sino que también se adapta a estímulos mecánicos y neurológicos, lo que influye en el rendimiento deportivo y la prevención de lesiones.

Este tipo de entrenamiento busca mediante la ejercitación de la fuerza, la potencia y la estabilidad que se mejore la calidad de la contracción muscular y una mejora en la comunicación neurona-músculo. Una alteración o déficit en el control neuromuscular durante la ejecución de un movimiento puede llevar a cargas excesivas en la articulación aumentando así el riesgo de una posible lesión de LCA en atletas. (8)

Dentro de los componentes se encuentran los ejercicios de estabilización al aterrizar que fueron particularmente efectivos para reducir las lesiones de LCA, ya que ayudan a mejorar la biomecánica y la activación muscular necesaria para mantener

la alineación adecuada de la rodilla al aterrizar de un salto. También la implementación de ejercicios donde se fortalecen los músculos de la parte inferior, como estocadas y levantamientos de talón, demostraron ser esenciales para proporcionar estabilidad y soporte a la articulación de la rodilla. (10)

Hay investigaciones que determinan que el entrenamiento neuromuscular es una de las estrategias para abordar los factores de riesgo que genera un déficit en el control neuromuscular. Estos factores no indican una causa explícita para las lesiones en sí, pero es importante señalar que las lesiones ligamentarias probablemente ocurren cuando los mecanismos activos de restricción muscular no son capaces de reducir los torques articulares durante los movimientos dinámicos que implican desaceleración y fuerzas elevadas. (7)

Un protocolo de entrenamiento neuromuscular consta de varias fases de diferentes ejercicios donde debe haber progresiones para mejorar la capacidad del atleta. (8)

Para llevarlo a cabo correctamente es necesario contar con una persona que supervise a los atletas y que esté capacitada para reconocer la técnica adecuada para cada ejercicio. Además, debe orientar al atleta para que mantenga dicha técnica durante la ejecución del ejercicio y registrar las repeticiones completadas. Con esta información, se podrán establecer nuevos objetivos para la siguiente sesión de entrenamiento, con el fin de continuar mejorando la técnica, aumentar el volumen y la intensidad del entrenamiento. (8)

Se debe tener en cuenta que, si el atleta se fatiga al punto de no poder realizar el ejercicio con una técnica casi perfecta, o muestra una disminución notable en la ejecución, se le debe indicar que se detenga. Una vez que el atleta domine todos los ejercicios dentro de la progresión puede avanzar hacia la siguiente fase del protocolo que se aplique. (8)

En un ensayo controlado aleatorio, llevado a cabo por, Mette K. Zebis y asociados (6), se realizó un estudio que evaluó los efectos del entrenamiento de prevención de lesiones de miembros inferiores basado en los factores de riesgo neuromusculares y biomecánicos para la lesión del LCA sin contacto.

Para realizar el mismo aplicaron un programa de entrenamiento neuromuscular desarrollado por el staff médico del centro de investigación de traumas deportivos

de Oslo. Para esto, utilizaron wobble boards (tablas propioceptivas), balance mats y pelotas de fútbol y handball. Este programa consistía en ejercicios con niveles de progresión donde se iba aumentando la dificultad. El objetivo principal era mejorar la consciencia corporal y el control motor en cadera, rodillas y tobillos, basado durante la tarea de estar de pie, correr, correr de lado, saltar y aterrizar. (6)

Por otro lado, en un estudio realizado por Bohdanna T. Zazulak y colaboradores (5) establecieron que el déficit en la fuerza y el control neuromuscular del core está correlacionado con un mayor riesgo de lesiones de LCA en atletas femeninas. En cambio, en los atletas masculinos, aunque también se observan desgarros asociados con un valgo de rodilla, el mecanismo de la lesión se asocia más frecuentemente con movimientos en el plano sagital.

Entre las recomendaciones claves, los autores subrayan que, para maximizar la eficacia, estos programas deben implementarse con regularidad en la pretemporada y a lo largo de la temporada, con una frecuencia de dos a tres veces por semana y una duración de al menos 15-20 minutos por sesión. (9)

En una investigación realizada por Gregory D. Myer y asociados (8), se presenta un protocolo de entrenamiento muscular orientado a atletas femeninas con déficits en el control del tronco y cadera. En este protocolo se utilizan cinco fases de ejercicios para facilitar progresiones diseñadas para mejorar los déficits de estos atletas.

En la imagen 1 se visualiza el protocolo de entrenamiento mencionado anteriormente:

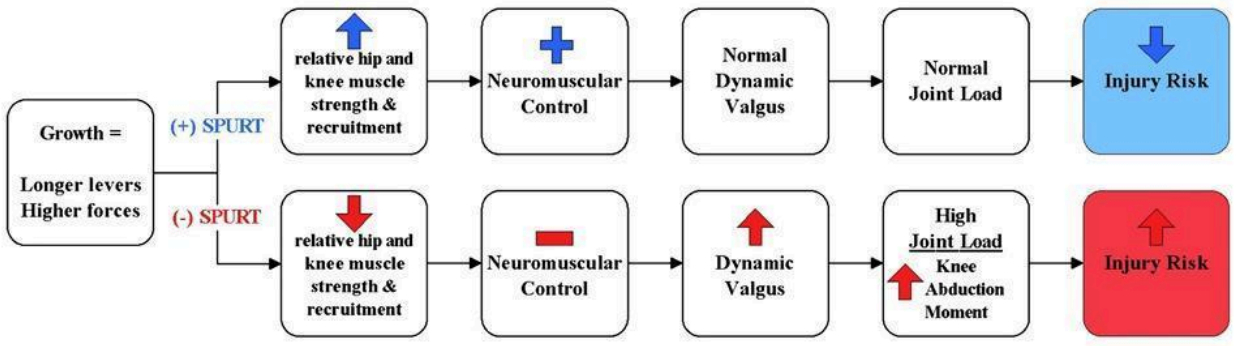


Imagen 1 - Protocolo de entrenamiento.

Los ejercicios y repeticiones del protocolo seleccionado deben ser pautas flexibles que puedan proporcionar una meta alcanzable para el atleta, y la selección inicial de volumen debe ser baja para permitir que aprenda a realizar los ejercicios con una buena técnica y relativa facilidad. (8)

En la fase final de este protocolo las progresiones incorporan perturbaciones laterales del tronco que obligan al atleta a desacelerar y controlarlo en el plano coronal para ejecutar con éxito la técnica. (8)

Respecto a los componentes mencionados en el protocolo de entrenamiento, los ejercicios que disminuyen el riesgo de lesión de LCA ante el incremento del número de entrenamiento por sesión son el fortalecimiento de tren inferior y del core, la estabilización en aterrizajes y los ejercicios de agilidad. (10)

Para el fortalecimiento del tren inferior tenemos ejercicios como sentadillas, estocadas, trabajos isocinéticos para extensores y flexores de rodilla, fortalecimiento de abductores y rotadores externos de cadera. (5)(7)(8)

En cuanto a los ejercicios de estabilización en aterrizajes tenemos los saltos unipodales, tuck jumps y triple salto cruzado. (5)(7)(8)

Para el fortalecimiento del core hay ejercicios como las planchas laterales, puentes glúteos, ejercicios en superficies inestables y movimientos con superficies controladas. (5)(7)(8)

Por último, para trabajar la agilidad, tenemos ejercicios como los saltos laterales, drills de escalera, saltos y pliometría multidireccionales. (5)(7)(8)

Objetivo general: Evaluar la efectividad de diferentes componentes de programas de entrenamiento neuromuscular con el fin de identificar el tipo de ejercicio o combinación de ejercicios más eficiente para la prevención de lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) en atletas.

2. Materiales y Métodos

Para hacer esta revisión narrativa, se buscaron estudios relevantes en varias bases de datos, como Pubmed, Medline y Scielo. La búsqueda fue realizada entre el 16 de mayo y el 29 de junio de 2024.

2.1 Criterios de selección:

1) Criterios de inclusión:
    - Fecha de publicación: 2008-2024.
    - Tipo de estudio: Ensayos clínicos, metaanálisis y revisión sistemática.
    - Idioma: Inglés y español.
    - Población examinada: Hombres y mujeres atletas sin edad específica.
    - Resultados: Eficacia del entrenamiento neuromuscular en la prevención de lesión del ligamento cruzado anterior.
2) Criterios de exclusión:
    - Estudios con baja calidad metodológica.
    - Estudios sin medidas objetivas de resultado.
    - Estudios con muestras pequeñas o sin grupo de control.
    - Estudios sin seguimientos a largo plazo.

2.2 Estrategia de búsqueda:

1) Pubmed-Medline:

Para poder buscar los artículos se realizaron diferentes búsquedas usando los términos MeSH (Medical Subject Headings) y además sinónimos de estos términos para ampliar el alcance de la búsqueda.
En una primera búsqueda, las palabras claves utilizadas fueron:

- “ACL”.
- “Epidemiology”.

Filtros utilizados:

- Disponibilidad de texto: Texto completo.
- Fecha de publicación: 2008-2024.

- Tipo de estudios: Ensayos clínicos, revisión sistemática y metaanálisis.

Con estos filtros los resultados fueron de 395 artículos.

En la segunda búsqueda las palabras utilizadas fueron:

- “Neuromuscular training”.
- “Prevention strategies”.

Filtros utilizados:

- Disponibilidad de texto: Texto completo.
- Fecha de publicación: 2008-2024.
- Tipo de estudios: Ensayos clínicos, revisión sistemática y metaanálisis.

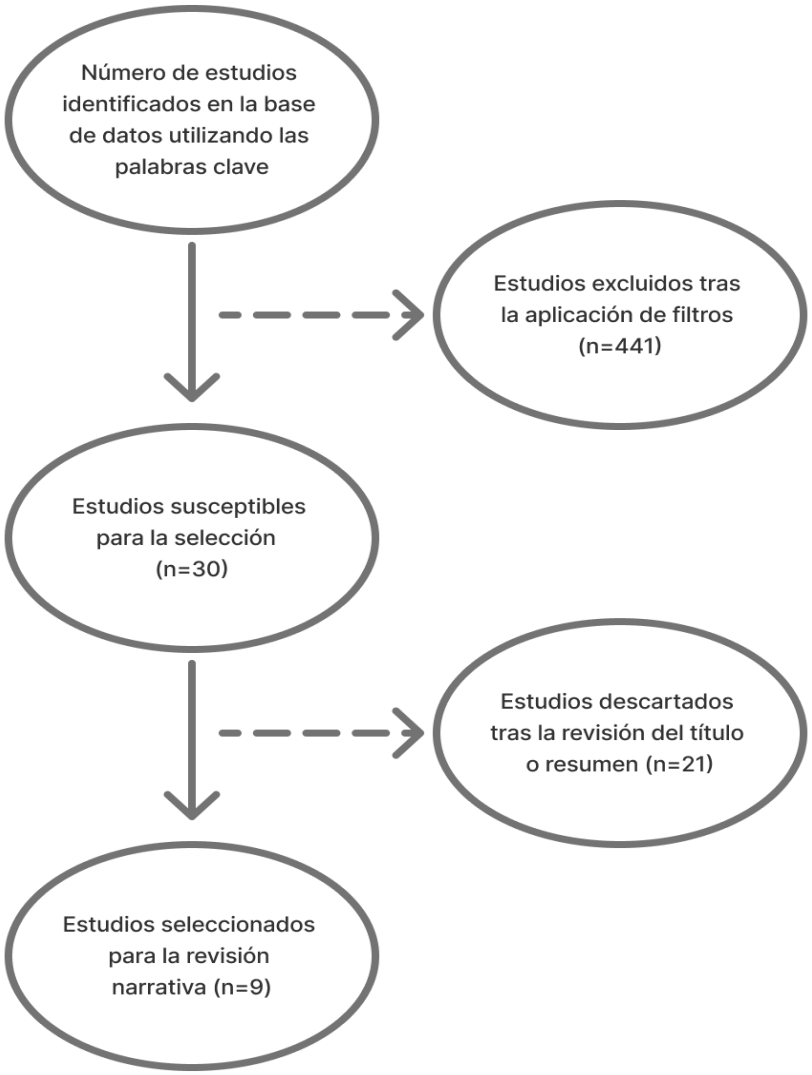
Con los filtros aplicados el total de artículos fueron 76.

2) Scielo.

Para la búsqueda de artículos en estas bases de datos se usaron palabras claves, como epidemiología, LCA, entrenamiento neuromuscular y prevención, con estos filtros el total de artículos fue de 34 pero los resultados obtenidos fueron escasos y poco útiles.

2.3 Proceso de selección de los estudios:

Después de haber seleccionado los artículos relevantes para la revisión, se eligieron aquellos que cumplían con los criterios de inclusión. De estos artículos, se realizó una lectura del texto completo o del resumen para descartar aquellos que no cumplían con los requisitos. El número total de artículos obtenidos entre ambas búsquedas fue de 471. Tras aplicar los filtros y realizar las lecturas correspondientes, se redujo el número a un total de 30 artículos, de los cuales se utilizaron finalmente 9.



2.4 Extracción de datos y análisis de los resultados:

Para una mayor facilidad en la selección y extracción de datos se recogieron diferentes aspectos, como:

- Datos sobre el artículo:
    - DOI.
    - Título.
    - Autor.
    - Año de publicación.

- Análisis de los resultados:
    - Objetivo principal.

- Población examinada.
- Metodología.
- Resultados.
- Conclusiones.

3. Resultados

Una vez evaluados los 9 artículos se determinó como resultado que los programas de entrenamiento neuromuscular pueden reducir el riesgo de lesión del LCA en aproximadamente un 50%, más específicamente, el riesgo de lesión se redujo de 1 en 54 atletas a 1 en 111, lo que da un ratio de 0.51. (10)

A su vez, en base a la lectura de los diferentes artículos se determinó que el tiempo promedio en los programas efectivos fue de 57 sesiones con un total de 18.17 horas, con aproximadamente, sesiones de 24 minutos realizadas de 2 a 3 veces por semana y que el entrenamiento de los diferentes componentes favorecen a la prevención. (10)

El análisis relacionado con los programas de entrenamiento multicomponente o programas que requieran de más de un tipo de ejercicio estableció que son más efectivos en reducir el riesgo de lesión, que aquellos que se centran en el entrenamiento de un solo componente o ejercicio. Dentro de este entrenamiento multicomponente se tienen que incluir como mínimo 3 tipos de ejercicios, que pueden ser, de fuerza, pliométricos, flexibilidad, balance y agilidad. (9)

En la literatura revisada se reportaron efectos que generan los entrenamientos de los diferentes tipos de ejercicios.

3.1 Fuerza:

Los ejercicios de fuerza se centran en mejorar la producción de fuerza muscular usando peso corporal, peso libre o máquinas de fuerza. Estos ejercicios realizados a nivel de tren inferior y core van a favorecer el fortalecimiento de estas regiones corporales estabilizando los aterrizajes y contrarrestando el valgo de rodilla. (5)(7)(8)(9)

3.2 Pliometría:

El entrenamiento de la pliometría busca incorporar movimientos explosivos como pueden ser saltos o rebotes. El entrenamiento de este componente va a llevar a la corrección de asimetrías mejorando la estabilidad y la disminución de cargas peligrosas en rodilla en aterrizajes. (5)(7)(8)(9)

3.3 Flexibilidad:

El entrenamiento de la flexibilidad se concentra en trabajar tanto de manera estática como dinámica, por lo general los estiramientos se realizan de manera dinámica durante un periodo de 15-20 minutos a modo de calentamiento previo a una actividad deportiva, pero los ejercicios elegidos deben ser basados en la habilidad de cada individuo para que lo realice con buena técnica. (5)(7)(8)(9)

3.4 Balance:

Los ejercicios de balance por lo general suelen incluir movimientos a una pierna o ambas piernas a los que se les agregan diferentes estímulos, que pueden ser, visuales (ojos abiertos, ojos cerrados) estabilidad y dureza de la superficie (superficies inestables duras o blandas) y también estímulos externos donde se puede trabajar con el movimiento de las extremidades y con pases que realice el profesional que se encarga de revisar la técnica o algún compañero.

3.5 Agilidad:

El entrenamiento de la agilidad lleva a la mejora de varias habilidades motoras importantes, como son, la aceleración, desaceleración, cambios de dirección precisos dentro del entorno deportivo. Este componente va a mejorar la coordinación y los patrones de movimiento dinámico. (5)(7)(8)(9)

Para trabajar la agilidad los más sugeridos son los saltos laterales que combinan fuerza, equilibrio y velocidad, y los drills de escalera que se proponen para mejorar la rapidez, la coordinación y los patrones de movimiento dinámico. (5)(7)(8)(9)

Para entrenar los componente tenemos diferentes ejercicios que se van a nombrar en orden de intensidad o demanda en la siguiente tabla: (9)

Fuerza	**Pliometría**	**Flexibilidad**	**Balance**	**Agilidad**
Curl-up Abdominal.	Rebote de Tobillo.	Estiramiento de gemelos.	Balance a una pierna.	Trote hacia adelante y hacia atrás.
Plancha Prono.	Sentadilla con Salto.	Estiramiento de Cuádriceps.	Balance a una pierna con movimiento de tren superior.	Saltos laterales con movimiento de brazos.
Plancha Lateral.	Tuck Jump.	Estiramiento de Isquiotibiales.	Balance a una pierna con estímulos externos.	Skipping con Elevación de Rodilla.
Puente Glúteo.	Salto Tijera.	Estiramiento de Aductores.	Balance a una pierna en superficie inestable.	Correr hacia adelante con pausas
Sentadilla.	Salto con giro de 180°.	Estiramiento de Flexores de Cadera.	Balance a una pierna con movimiento de tren inferior.	Correr en velocidad.
Sentadilla a una pierna.	Estocada con Salto.	Rotaciones de Tronco.	Salto de 180°.	Correr en Zig-Zag.

4. Discusión:

La información recogida en los distintos documentos seleccionados se refiere a la eficacia que tiene el entrenamiento neuromuscular como estrategia a la hora de prevenir la lesión del ligamento cruzado anterior.

Los resultados obtenidos a partir de la literatura revisada evidencian hallazgos heterogéneos, lo que sugiere que los efectos del entrenamiento neuromuscular dependen de múltiples factores, como la duración del entrenamiento, cantidad de componentes en los que se trabaje, metodología de trabajo y evaluación.

A continuación, se comparan los estudios incluidos, resaltando similitudes, diferencias y limitaciones metodológicas.

4.1 Comparación y análisis de los hallazgos

Con respecto a la eficacia del entrenamiento neuromuscular en la prevención de la lesión del ligamento cruzado anterior, la mayoría de los estudios revisados afirman que este tipo de entrenamiento es un medio efectivo para lograr el objetivo de reducir las lesiones del LCA en atletas.

Jared J. Murray et al. (5) y Sonia Sabet et al. (7) reportaron que al aplicar un entrenamiento neuromuscular, donde se realizan ejercicios de fuerza y pliometría se reduce la inestabilidad dinámica.

Darin A. Padua et al. (9) en su estudio determinó que al buscar trabajar la prevención de la lesión del LCA es importante que se realice un entrenamiento multicomponente ya que se va a reducir el riesgo de lesión de rodilla en mecanismos directos e indirectos durante la actividad física, más específicamente, el riesgo de lesión del LCA se reduce entre el 39% y el 73% en personas que realicen un programa de entrenamiento multicomponente.

Mientras algunos estudios sugieren que el entrenamiento muscular es un método de entrenamiento eficaz en ambos sexos para mejorar la fuerza en miembros inferiores y obtener un patrón apropiado, otros, afirman que este tipo de entrenamiento resultó más eficaz en atletas masculinos que femeninos. (5)(7)

4.2 Limitaciones y fortalezas de los estudios incluidos

Un análisis de los estudios, desde el punto de vista metodológico, presenta que Murray et al. (5) ofrece una gran muestra representativa de grupo de estudio y ofrece un enfoque realista ya que se realizó el análisis de programas ya implementados en entornos escolares.

En el caso de Sabet et al. (7) el tamaño del grupo de muestra fue pequeño, 40 deportistas, lo que genera una limitación en la generalización y también el periodo de intervención fue corto y sin seguimiento a largo plazo.

Los estudios aportan una base sólida y argumentada sobre la eficacia y necesidad del entrenamiento neuromuscular para prevenir lesiones de LCA. Sin embargo, en algunos encontramos limitaciones metodológicas, como falta de ensayos clínicos o tamaños de grupos de muestra pequeños.

5. Conclusión

En función de los objetivos de esta revisión, la evidencia científica disponible sobre la efectividad del entrenamiento neuromuscular para la prevención de la lesión del LCA permite concluir que este tipo de entrenamiento es efectivo cuando se aplica de manera correcta, es decir, aplicarlo tanto en pretemporada como durante la temporada, sesiones de entrenamiento de aproximadamente 24 minutos, 2,5 veces por semana y aplicando como mínimo 3 ejercicios que pueden ser de fuerza, pliometría, flexibilidad, balance o agilidad.

También es importante la presencia de un profesional que tenga las capacidades para adaptar ejercicios según la necesidad de cada atleta y detectar errores en la ejecución de movimientos durante el entrenamiento para generar un buen patrón biomecánico.

6. Bibliografía:

1. Kapandji AI. Fisiología Articular. Editorial Médica Panamericana; 2011.

2. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Paterno MV, Quatman CE. Mechanisms, prediction, and prevention of ACL injuries: Cut risk with three sharpened and validated tools. J Orthop Res. 2016;34(11):1843-1855. doi:10.1002/jor.23414.

3. Acevedo RJ, Rivera-Vega A, Miranda G, Micheo W. Anterior Cruciate Ligament Injury: Identification of Risk Factors and Prevention Strategies. Curr Sports Med Rep. 2014;13(3):186-191. doi:10.1249/JSR.0000000000000053.

4. Kaeding CC, Léger-St-Jean B, Magnussen RA. Epidemiology and Diagnosis of Anterior Cruciate Ligament Injuries. Clin Sports Med. 2016;35(4):381-406. doi:10.1016/j.csm.2016.08.001.

5. Murray JJ, Renier CM, Ahern JJ, Elliott BA. Neuromuscular Training Availability and Efficacy in Preventing Anterior Cruciate Ligament Injury in High School Sports: A Retrospective Cohort Study. Clin J Sport Med. 2016;26(6):482-488. doi:10.1097/JSM.0000000000000398.

6. Mette K Zebis, Lars L Andersen, Mikkel Brandt, Grethe Myklebust, Jesper Bencke, Hanne Bloch Lauridsen, Thomas Bandholm, Kristian Thorborg, Per Hölmich, Per Aagaard. Effects of evidence-based prevention training on neuromuscular and biomechanical risk factors for ACL injury in adolescent female athletes: a randomised controlled trial. 2016 May;50(9):552-7. doi: 10.1136/bjsports-2015-094776.

7. Sonia Sabet, Amir Letafatkar, Fereshteh Eftekhari, Zohre Khosrokiani ,Alli Gokeler. Trunk and hip control neuromuscular training to target inter limb asymmetry deficits associated with anterior

cruciate ligament injury. 2019 Jul:38:71-79. doi: 10.1016/j.ptsp.2019.04.014.

8. Gregory D Myer, Donald A Chu, Jensen E Brent, Timothy E Hewett. Trunk and Hip Control Neuromuscular Training for the Prevention of Knee Joint Injury. 2008 Jul;27(3). doi: 10.1016/j.csm.2008.02.006.

9. Darin A Padua, Lindsay J DiStefano, Timothy E Hewett, William E Garrett , Stephen W Marshall, Grace M Golden, Sandra J Shultz, Susan M Sigward. National Athletic Trainers' Association Position Statement: Prevention of Anterior Cruciate Ligament Injury. 2018 Jan;53(1):5-19. DOI: 10.4085/1062-6050-99-16

10. Erich J Petushek, Dai Sugimoto, Michael Stoolmiller, Grace Smith, Gregory D Myer. Evidence-Based Best-Practice Guidelines for Preventing Anterior Cruciate Ligament Injuries in Young Female Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. 2019 Jun;47(7):1744-1753. DOI: 10.1177/0363546518782460.

11. Guyton y Hall. Guyton AC, Hall JE. Tratado de fisiología médica. 14ª ed. Elsevier; 2020.

12. Fundamentos de Fisiología del Ejercicio. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Fundamentos de fisiología del ejercicio. Wolters Kluwer; 2015.