

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

FACULTAD DE MEDICINA

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA



**Eficacia del entrenamiento con ejercicios pliométricos para la
prevención de lesiones en deportistas con inestabilidad
funcional de tobillo. Revisión bibliográfica.**

AUTOR: Ferri Alcaraz, Adrián.

Nº Expediente: 72

TUTOR: Agulló Bonus, Antonio.

COTUTOR: Álvarez Rodríguez, Maria Teresa

Curso académico: 2021-2022.

Convocatoria de Septiembre.



ÍNDICE

1. RESUMEN.....	4
2. ABSTRACT.....	5
3. ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	6
4. INTRODUCCIÓN.....	7
5. JUSTIFICACIÓN DE LA REVISIÓN.....	9
6. OBJETIVOS.....	10
7. MATERIAL Y MÉTODOS.....	11
8. RESULTADOS.....	13
9. DISCUSIÓN.....	17
10. LIMITACIONES.....	21
11. CONCLUSIONES.....	22
12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23
13. ANEXO DE FIGURAS Y TABLAS	25



1. RESUMEN

Introducción: El ejercicio pliométrico es reconocido como una estrategia efectiva para el entrenamiento neuromuscular reactivo al aumentar la excitabilidad de los receptores neurológicos y mejorar la reactividad del sistema neuromuscular. El entrenamiento pliométrico implica una serie de movimientos de ciclo de estiramiento-acortamiento que desensibiliza los órganos tendinosos de Golgi, lo que permite que los componentes elásticos de los músculos toleren un mayor estiramiento pudiendo mejorar el control neuromuscular.

Objetivos: Revisar los beneficios del entrenamiento pliométrico sobre la prevención de lesiones y el control neuromuscular en personas con inestabilidad funcional de tobillo.

Material y métodos: Búsqueda bibliográfica de estudios publicados a partir de 2002 que abordasen los efectos del entrenamiento pliométrico sobre la inestabilidad funcional de tobillo en las bases de datos Pubmed, ScienceDirect, Cochrane.

Resultados: Se incluyeron 6 estudios en total. Los estudios escogidos analizan los efectos del entrenamiento pliométrico sobre el sentido del equilibrio estático y dinámico, la posición articular, la fuerza y actividad neuromuscular en deportistas con IFT.

Conclusiones: Se encontró evidencia del ejercicio pliométrico en deportistas con IFT sobre la estabilidad del tobillo al cambiar las estrategias de aterrizaje aumentando los ángulos articulares máximos en el plano sagital y reduciendo el ángulo articular en el plano frontal así como el tiempo de estabilización post-aterrizaje. El ejercicio pliométrico optimiza la rehabilitación del tobillo, la estabilidad y la absorción de impactos por lo que mejora y reduce el riesgo de lesión durante el aterrizaje.

Palabras clave: “ejercicio pliométrico”; “inestabilidad funcional de tobillo”; “articulación del tobillo”; “inestabilidad articulación”; “control neuromuscular”; “propiocepción”.

2. ABSTRACT

Introduction: Plyometric exercise is recognized as an effective strategy for reactive neuromuscular training by increasing the excitability of neuromuscular system. Plyometric training involves a series of stretch-shortening cycle movements that desensitize the Golgi tendon organs, which allows the elastic components of the muscles to tolerate greater stretch and can improve neuromuscular control.

Objectives: To review the benefits of plyometric training on injury prevention and neuromuscular control in people with functional ankle instability.

Material and methods: Bibliographic search of studies published from 2002 onwards addressing the effects of plyometric training on functional ankle instability in the Pubmed, ScienceDirect, Cochrane databases.

Results: A total of 6 studies were included. The chosen studies analyze the effects of plyometric training on static and dynamic balance sense, joint position, strength and neuromuscular activity in athletes with FAI.

Conclusions: We found evidence of plyometric exercise in athletes with FAI on ankle stability by changing landing strategies by increasing the maximum joint angles in the sagittal plane and reducing the joint angle in the frontal plane as well as post-landing stabilization time. Plyometric exercise optimizes ankle rehabilitation, stability and shock absorption thereby improving and reducing the risk of injury during landing.

Key words: “Plyometric exercise”; “functional ankle instability”; “ankle joint”; “joint instability”; “neuromuscular control”; “proprioception”.

3. ÍNDICE DE ABREVIATURAS

IFT – Inestabilidad funcional de tobillo

TE – Tiempo de estabilización

ICT – Inestabilidad crónica de tobillo

ELT – Esguince lateral de tobillo

RM – Rango de movimiento

CEA – Ciclo de estiramiento-acortamiento

FRS – Fuerzas de reacción al suelo

EMG – Electromiografía de superficie

CP – Centros de presión

CI – Contacto inicial

MFR – Máxima flexión de rodilla

GM – Gastrocnemio medial

GL – Gastrocnemio lateral

SOL – Sóleo

PL – Peroneo largo

TA – Tibial anterior



INTRODUCCIÓN

Los esguinces laterales de tobillo se encuentran entre las lesiones deportivas más comunes. Al menos un tercio de las personas deportistas desarrollan molestias a largo plazo e inestabilidades crónicas en el tobillo, no pudiéndose atribuir a insuficiencias mecánicas de la articulación en muchos casos. Esta condición se conoce como inestabilidad funcional del tobillo o inestabilidad crónica de tobillo. El esguince lateral de tobillo tiene una prevalencia del 25 al 30 %. Se ha sugerido que las deficiencias de los sistemas de control sensorio motor, como la alteración de la propiocepción y el control postural, la reducción de la fuerza muscular y la actividad refleja coadyuvan en la etiología de la IFT (7).

Aproximadamente un 85 % de los esguinces agudos de tobillo se producen en una flexión plantar excesiva y una inversión que da como resultado una lesión de los ligamentos laterales. ELT son más frecuentes en deportes que combinan saltos, caídas, aterrizajes, pasos laterales y cambios de dirección, siendo así común en deportes como el fútbol, baloncesto, balonmano, etc. (4). Aunque un paciente con un esguince de tobillo puede recuperarse sin experimentar dolor ni inflamación persistente, gran parte de las personas desarrollan una disfunción crónica, sea una inestabilidad funcional o esguinces recurrentes (3).

La inestabilidad funcional de tobillo viene dada por antecedentes de un esguince lateral significativo, esguinces recurrentes posteriores, episodios frecuentes de inestabilidad o cesión del tobillo o déficits en la función del tobillo durante más de 1 año después del esguince inicial. Dicho ELT significativo, puede evolucionar a una disfunción en la articulación del tobillo y una presencia de déficit sensorio motor. Las alteraciones sensorio motoras hacen evidente que la percepción consciente de la información somato sensorial aferente, las respuestas reflejas y los déficits del control neuromuscular eferente están presentes en IFT. Estos déficits se clasificaron en cuatro dominios de deterioro que incluyen rango de movimiento limitado (RM), disminución de la fuerza muscular periarticular, deterioro del control postural y estrategias de movimiento alteradas al completar tareas funcionales (8). Por otro lado, IFT puede presentar déficits sensorio motores en el tiempo de reacción muscular, el sentido de la posición de las articulaciones, el balanceo postural y el tiempo de estabilización (TE) de la fuerza de reacción del suelo (3).

Los pacientes con IFT, presentan una alteración en la activación neuromuscular de inversores/eversores de tobillo. Existe una alteración en la biomecánica de la fase de apoyo de la marcha, demostrando mayor inversión del pie. La inhibición de la musculatura eversora junto con la excitación de la musculatura inversora contribuye en esta posición durante la fase de apoyo (9).

Todas las alteraciones sensorio motoras revelan que el déficit de control neuromuscular, control del equilibrio, falta de secuencia de activación neuromuscular, TE, fuerza muscular, etc, existen en una persona con inestabilidad funcional de tobillo que conlleva a un rendimiento funcional degenerado y desconfianza en el movimiento debido al miedo a volver a sufrir otra lesión (10).

En cuanto a la recuperación de un ELT y en consecuencia IFT, hasta la actualidad en la fisioterapia, la recuperación de la articulación del tobillo siempre ha estado enfocada en la consecución de los siguientes objetivos como mejorar la flexibilidad, el rango de movimiento, la fuerza muscular, la propiocepción y el control neuromuscular, mediante los ejercicios tradicionales de rehabilitación que consisten en ejercicios de RM, entrenamiento de fuerza progresiva, ejercicios propioceptivos y entrenamiento específico de la actividad que desarrolle el deportista (2).

Ahora bien, en la literatura científica, se puede encontrar que el entrenamiento pliométrico mejora el control neuromuscular en individuos no lesionados, mediante la facilitación de los receptores neurológicos y las adaptaciones que se producen en el huso neuromuscular, el órgano tendinoso de Golgi y los receptores alrededor de la capsula articular y los ligamentos. Estos beneficios se han encontrado en deportistas sin IFT, por lo que resulta interesante observar los cambios y adaptaciones neuromusculares cuando se presentan déficits sensorio motores (1).

Los ejercicios pliométricos se definen como una carga excéntrica seguida inmediatamente por una contracción concéntrica, implicando un ciclo de estiramiento y acortamiento de complejos musculo-tendinosos. Estos ejercicios han sido reputados con la inducción de adaptaciones neuromusculares al reflejo de estiramiento, la elasticidad del músculo y los órganos tendinosos de Golgi (1). El reflejo de estiramiento se inicia durante la fase de carga excéntrica y puede facilitar un mayor reclutamiento de unidades motoras durante la contracción concéntrica posterior. Los componentes de tejido conjuntivo del músculo almacenan energía elástica, que puede generar fuerza adicional si un músculo retrocede rápidamente en forma de contracción concéntrica (11).

Por último, los órganos tendinosos de Golgi suelen tener una función protectora frente a cargas de tracción excesivas en el músculo, por lo que el entrenamiento pliométrico que se considera “entrenamiento neuromuscular reactivo”, produce una desensibilización del órgano tendinoso de Golgi, aumentando la excitabilidad de los receptores neurológicos y mejorando la reactividad del sistema neuromuscular, a través de la adaptación al ejercicio de estiramiento-acortamiento (CEA) permitiendo que los componentes elásticos de los músculos toleren un mayor estiramiento (12). Cuando se une el reflejo de estiramiento y la energía elástica almacenada, se crea una fuerza concéntrica más potente, atribuyéndose esa ganancia a las adaptaciones neurales del entrenamiento pliométrico. Por esta razón, el entrenamiento pliométrico podría mejorar la función neuromuscular y la prevención de lesiones al aumentar la estabilidad dinámica. (11).

JUSTIFICACIÓN DE LA REVISIÓN

Actualmente, existe evidencia de que el entrenamiento pliométrico produce cambios y adaptaciones neuromusculares, los cuales repercuten en un aumento de la excitabilidad de los receptores neurológicos y una mejora en la reactividad del sistema neuromuscular, favoreciendo una mayor tolerancia de estiramiento a los componentes elásticos y por consiguiente un aumento de la estabilidad dinámica. Por lo tanto, el entrenamiento pliométrico podría ser eficaz para prevenir lesiones en personas con inestabilidad funcional de tobillo.

En el ámbito de la Fisioterapia, la inestabilidad funcional de tobillo o inestabilidad crónica de tobillo, hasta la actualidad se ha abordado con los ejercicios tradicionales de rehabilitación que consistían en ejercicios de RM, fuerza progresiva y ejercicios propioceptivos. En cuanto al ejercicio pliométrico en pacientes con IFT, existe poca literatura científica por lo que la mayoría de los estudios revisados se centran en las adaptaciones neuromusculares que produce la pliometría combinado o no con un entrenamiento integrado de estabilidad, ya que se desconoce o hay poca evidencia sobre el entrenamiento aislado pliométrico en personas con IFT.



OBJETIVOS

General:

- Revisar, a través de la literatura científica, los beneficios del entrenamiento con ejercicios pliométricos.

Específicos:

- Investigar sobre las adaptaciones neuromusculares que produce el entrenamiento pliométrico y cómo repercute a los déficits sensorio motores que presentan los deportistas con IFT.
- Observar si el entrenamiento pliométrico es eficaz para prevenir lesiones o recidivas en atletas con IFT o ICT y como la inclusión del mismo podría ser útil en la recuperación.
- Evaluar la calidad metodológica de los estudios incluidos en la revisión.



MATERIAL Y MÉTODOS

Esta revisión ha sido aprobada por la Oficina de Investigación Responsable de la Universidad Miguel Hernández de Elche, quedando registrada con el código COIR: TFG.GFI.AAB.AFA.220901 y realizado siguiendo las principales directrices PRISMA para revisiones sistemáticas (13).

Se realizó una búsqueda bibliográfica electrónica desde el 13 de Junio de 2022 hasta el 01 de Julio de 2022 en las bases de datos Pubmed, ScienceDirect y Cochrane. La estrategia de búsqueda se llevó a cabo mediante el uso de palabras clave “plyometric exercise”, “functional ankle instability”, “ankle joint”, “joint instability”, “neuromuscular control”, “proprioception”, para todas las bases de datos. Todas las palabras en las bases de datos mencionadas fueron combinadas entre sí con el operador booleano “AND” y “OR” y con los filtros que se muestran en los criterios de inclusión. Los datos cuantitativos de la estrategia de búsqueda se muestran en el diagrama de flujo. (*Figura 1*)

Los criterios de inclusión fueron: estudios clínicos, estudios de casos y controles y revisiones bibliográficas en los que se llevara a cabo una intervención específica o estudio de las mismas sobre los beneficios del entrenamiento pliométrico tanto aislado como integrado en un programa de ejercicios de estabilidad en deportistas con inestabilidad funcional de tobillo o sin IFT. Los estudios debían estar en español o en inglés, publicados entre el 1 de Enero de 2002 y el 30 de Junio de 2022.

Se excluyeron para este trabajo las revisiones sistemáticas o guías prácticas clínicas, intervenciones en procesos agudos de esguince lateral de tobillo, individuos no deportistas a lo largo de su vida y todos los artículos anteriores al 2002.

SELECCIÓN DE ARTÍCULOS

El primer proceso de selección fue el cribado de los títulos y los resúmenes pertinentes. Por consiguiente, se realizó una lectura crítica y detallada de los artículos y se descartaron los que estuviesen duplicados y aquellos cuyo contenido no cumplía el objetivo del estudio o no se ajustaba a los criterios de inclusión. Una vez terminada la selección de los artículos, se procedió a la evaluación de la calidad metodológica y el riesgo de sesgo de los mismos mediante la escala PEDro. (*Figura 3*)



RESULTADOS

El número de artículos seleccionados finalmente para esta revisión han sido 6, obtenidos principalmente de Pubmed, Cochrane y Sciencedirect. Toda la información extraída de estos artículos se puede consultar en la tabla de resultados. (*Figura 2*).

Los trabajos incluidos son ensayos clínicos controlados ya que reportan intervenciones experimentales en personas bajo monitorización constante de los sujetos para eliminar otros factores de variabilidad. En los 6 estudios, el diseño experimental asignó al azar a los sujetos a los grupos control y experimental y todos los miembros del grupo recibieron el tratamiento (estudio en paralelo) (*1,2,3,4,5,6*). En estos estudios, el diseño experimental consistió en un seguimiento temporal sobre la misma muestra poblacional. Por lo tanto, la efectividad del tratamiento se compara pre y post de su aplicación en esta población (estudio en serie p longitudinal). Las muestras de población provenían de pacientes con la misma patología o sin patología, en el caso de dos estudios se aplica la intervención en sujetos sanos (*5,6*).

Por otra parte, las puntuaciones para la evaluación de la calidad metodológica de los estudios, cuatro de los estudios (*1,2,3,4*) presentaron una puntuación de 8, mostrando una alta calidad metodológica. El resto de los estudios presentaron una puntuación de 7 (*5*), y una puntuación de 6 (*6*). En general, estos artículos muestran un riesgo moderado de sesgo, en el ámbito de los evaluadores y los terapeutas que administran la intervención, ya que ninguno de los artículos se menciona que hayan sido cegados.

Sobre la población, el número de sujetos analizados en estos estudios ha sido entre 14 (*2*) y 30 (*1,3*). Cuatro de los seis artículos han contado con más de 20 sujetos para su estudio (*1,3,4,5*). En dos de los artículos ha habido tres grupos de comparación (*1,3*) y para el resto de los estudios dos grupos de comparación (*2,4,5,6*). Además, todos los sujetos de cada estudio eran jóvenes y adultos, y hombres y mujeres. No hubo ningún estudio en el que participaran niños o ancianos.

El estudio que aplicó mayor tiempo de intervención tuvo una duración de doce semanas (*5*) mientras que el resto de los estudios fueron de menor duración ya que implicaron medidas de intervención de entre cinco semanas (*6*), seis semanas (*1,3,4*) y ocho semanas (*2*).

En cuanto a los programas de intervención, tres de los estudios se centraron en la aplicación del ejercicio pliométrico en pacientes con IFT (*1,2,3*), un artículo observó el diseño experimental en pacientes con un esguince lateral agudo de tres semanas de evolución (*4*), y el resto de artículos se centraron en la aplicación de la pliometría sobre atletas que no habían sufrido ningún esguince de tobillo (*5,6*). Las intervenciones se centraron en el efecto del entrenamiento pliométrico sobre sentido de la posición y equilibrio del tobillo (*1,2,3*), ajuste del tiempo de estabilización (TE) (*1,3*), fuerzas de reacción al suelo (FRS) y centros de presión (CP) (*2,3*), estrategias de activación neuromuscular y nivel de activación mediante EMG (*1*) y la biomecánica de aterrizaje y ángulos máximos de las articulaciones de la cadera, rodilla y tobillo (*2,3,6*).

Para la medición en los estudios mencionados se utilizaron análisis cinemáticos y cinéticos con un sistema de análisis de movimiento 2D y 2 placas para medir las fuerzas de reacción al suelo (2,5), un EMG para cuantificar el nivel de activación neuromuscular (1), prueba de equilibrio Y (1,2,3) y un dinamómetro para cuantificar la fuerza muscular y el par máximo (4,5).

1. Efecto sobre el sentido de la posición y el equilibrio del tobillo

El entrenamiento con ejercicios pliométricos disminuye el error de posicionamiento, mejora la sensación de posición de la articulación (propiocepción), a su vez proporcionando una mayor estabilidad dinámica y estática. Tres de los 6 artículos seleccionados, mencionan el efecto de la pliometría sobre el sentido de la posición y el equilibrio del tobillo. Los tres estudios se llevan a cabo a corto-medio plazo (1,2,3). En cuanto a la presencia de IFT en los participantes de los diferentes estudios, los tres estudios se centran en deportistas con inestabilidad funcional de tobillo. Los resultados muestran, en todos los estudios, una mejora en el sentido de la posición y en el control postural estático y dinámico adoptando una estrategia más efectiva que mejora el error de posicionamiento en el plano frontal (inversión y eversión) y sagital (dorsiflexión y flexión plantar), y una disminución del balanceo postural observado en la prueba de equilibrio Y.

2. Efecto sobre el ajuste del tiempo de estabilización

En deportistas con IFT, la práctica del entrenamiento pliométrico mejora el tiempo de ajuste de la flexión plantar del tobillo y la flexión de rodilla en la prueba de aterrizaje de caída medial. De los seis artículos seleccionados, dos de ellos se centran en deportistas con IFT, siendo ambas intervenciones a un periodo entre medio y corto plazo (6 semanas). Ambos estudios muestran resultados positivos en el efecto de la pliometría sobre el tiempo de estabilización de la articulación del tobillo. El parámetro de tiempo de ajuste es un parámetro novedoso para cuantificar la duración del nivel de activación muscular después de impactar con una sola pierna y está asociado con la latencia de respuesta y la duración del ajuste después del contacto con el suelo. El TE del ángulo articular representa un control postural dinámico, un valor TE mayor representa un control postural dinámico más pobre (3). En un artículo (1), se observó una reducción significativa en el tiempo de ajuste de los músculos que controlan el movimiento del tobillo en el plano sagital durante la fase de aterrizaje en caída medial, facilitando así la estabilización de la activación neuromuscular al acortar el tiempo de estabilización. En cuanto al otro estudio mencionado (3), el ejercicio pliométrico redujo el TE para el ángulo de flexión de la rodilla.

3. Efecto sobre las fuerzas de reacción al suelo (FRS) y los centros de presión (CP)

El rango de movimiento del tobillo es un factor importante en la mecánica de aterrizaje y los patrones de movimiento funcional. Los ejercicios pliométricos tienen un beneficio en el ángulo de flexión plantar del tobillo reduciendo así el FRS al aumentar el brazo de momento del tobillo, además de una modificación de los centros de presión adoptando una estrategia más eficaz. De los seis artículos seleccionados, solo dos (2,3) se centran en estos efectos, en deportistas con IFT con un diseño experimental a corto-medio plazo (8 y 6

semanas). Ambos estudios muestran una reducción de las fuerzas de reacción al suelo y una modificación de los centros de presión durante un aterrizaje con salto con una sola pierna. En cuanto a los centros de presión, el entrenamiento pliométrico provoca una disminución de la dorsiflexión del tobillo en un aterrizaje a una sola pierna, dicha disminución se asocia a que el CP se mueve anteriormente, cuando esto sucede la articulación talocrural se flexiona dorsalmente pasiva y luego se flexiona hacia plantar de forma activa para reestablecer el equilibrio (2), el desplazamiento relativo del CP a los 2000 milisegundos después del aterrizaje se redujo en la dirección medio-lateral, reduciendo los ángulos máximos en los planos frontal y transversal en la cadera y tobillo e induciendo el fortalecimiento muscular y adaptaciones neuromusculares que promueven el rendimiento funcional para mantener el equilibrio estático y dinámico, y el control motor (3). FRS en contacto inicial (CI) disminuyó con el entrenamiento pliométrico debido a la mejora en el control del tobillo durante el aterrizaje al restaurar el sentido de la posición del pie, el tobillo controla el movimiento activando la musculatura que rodea la articulación antes de aterrizar para controlar la estabilidad dinámica. Los choques de aterrizaje de dorsiflexión se transmiten luego a los tejidos no contraídos, mientras que los choques de aterrizaje de flexión plantar son absorbidos por los músculos, lo que resulta un FRS más bajo (3).

4. Efecto sobre estrategias de activación neuromuscular y nivel de activación mediante EMG.

El entrenamiento pliométrico afecta el nivel de la activación muscular en atletas y el aumento de la activación neuromuscular mejor la estabilidad funcional de las articulaciones. De los 6 artículos seleccionados, solo uno estudia la aplicación del ejercicio pliométrico sobre la activación neuromuscular mediante EMG en pacientes con IFT (1), con un diseño experimental a corto-medio plazo (6 semanas). Los resultados de dicho artículo muestran un aumento de actividad del flexor plantar del tobillo durante la fase previa al aterrizaje. Además, el nivel de actividad del dorsiflexor del tobillo (Tibial anterior) aumenta en la fase posterior al aterrizaje siendo efectivo para estabilizar el pie y el tobillo a través de una contracción excéntrica del tibial anterior. Por otro lado, aunque en menor medida, se produce una mayor activación neuromuscular pre-aterrizaje en los músculos gemelo lateral y medial y sóleo (1). Es reconocido que la activación muscular antes del aterrizaje es pre activada y se basa en la experiencia previa, mientras que la activación muscular posterior al aterrizaje es reactiva (retroalimentación). El aumento del nivel de activación muscular en el pre aterrizaje puede provenir de la experiencia pasada de ejercicios de salto, mientras que el aumento de la actividad muscular en el post-aterrizaje puede reflejar una entrada sensorial de los sensores de posición articular a través del control motor de retroalimentación o un aumento de reclutamiento o tasa de disparo de motoneuronas (1).

5. Efecto sobre la biomecánica de aterrizaje y ángulos máximos de las articulaciones de MMII.

En cuanto a los ángulos de las articulaciones, el entrenamiento pliométrico aumenta los ángulos máximos de cadera y rodilla en el plano sagital, y reduce los ángulos máximos en

el plano transversal de la cadera y planos frontal y transversal del tobillo. Adoptando diferentes estrategias de aterrizaje. De los seis artículos seleccionados, dos de ellos se centran en pacientes con IFT (2,3) y uno en atletas sanos (6), siendo intervenciones de corto medio plazo (entre 5 y 8 semanas). Todos los estudios muestran cambios en la biomecánica de aterrizaje inducido por el entrenamiento pliométrico, produciendo resultados positivos en la estabilidad dinámica del tobillo. Los ángulos de flexión de cadera y rodilla aumentaron en el plano sagital, tras una intervención con ejercicios pliométricos. Este aumento durante el aterrizaje con salto permite que el cuerpo absorba las fuerzas articulares de manera más efectiva y promueve la ventaja mecánica de las estructuras de tejido blando que proporcionan la estabilidad articular. En cuanto al aumento de la dorsiflexión máxima de tobillo, ocurrió durante el aterrizaje con caída lateral aumentando la atenuación del impacto en la articulación del tobillo (3).

Por otro lado, en el plano frontal el entrenamiento pliométrico se asocia con una disminución de la inversión máxima de tobillo en el aterrizaje con caída lateral, por lo que se mejora la estabilidad de la articulación del tobillo evitando una inversión excesiva (3).

En cuanto a la biomecánica de aterrizaje, los atletas con IFT que entrenaron con intervenciones de ejercicios pliométricos, parecen usar las articulaciones de la rodilla y la cadera más comúnmente para controlar la inestabilidad del tobillo durante el aterrizaje, permitiendo al cuerpo una absorción de fuerzas articulares de manera más efectiva, promoviendo una estrategia de aterrizaje más eficiente en máxima flexión de rodilla (MFR) permitiendo un aterrizaje más suave que minimiza la carga en el tobillo y brinda la estabilidad articular para compensar la inestabilidad del tobillo(2). El ejercicio pliométrico desensibiliza los órganos tendinosos de Golgi a través de CEA, permitiendo que los componentes elásticos de los músculos toleren mejor el estiramiento (6).

DISCUSIÓN

El principal objetivo de este trabajo es revisar la eficacia del entrenamiento con ejercicios pliométricos sobre la prevención de lesiones en deportistas con inestabilidad funcional de tobillo y cómo este tipo de entrenamiento puede producir cambios a nivel de activación neuromuscular, tiempo de reacción y en la estabilidad estática y dinámica.

Todos los artículos revisados directa o indirectamente concluyen de manera similar, que los ejercicios pliométricos deberían incluirse en los programas de rehabilitación y readaptación en deportistas con IFT, influyendo principalmente en el sentido de la posición y la estabilidad del tobillo. La pliometría modifica el tiempo de estabilización, los picos de activación neuromuscular, las fuerzas de reacción sobre el suelo, modificando así los centros de presión y la biomecánica de aterrizaje absorbiendo de manera más eficaz las fuerzas de impacto. Estos cambios mejoran de manera directa la estabilidad del tobillo, así como también de las articulaciones adyacentes (cadera y rodilla), reduciendo el riesgo de lesión o recidiva.

Por un lado se han agrupado los estudios de manera ordenada de forma que separamos los que se centran en deportistas con inestabilidad funcional de tobillo y cómo los ejercicios pliométricos actúan sobre el sentido de la posición y la estabilidad, el tiempo de estabilización, las estrategias de activación neuromuscular, las fuerzas de reacción sobre el suelo y los cambios en los centros de presión y la biomecánica de aterrizaje (1,2,3,4). Y por otro lado, se juntaron los estudios sobre el rendimiento de la pliometría sobre el ciclo de estiramiento-acortamiento en términos de fuerza muscular sobre las extremidades inferiores y como altera la biomecánica valorando la reducción del riesgo a lesionarse (4,5).

El entrenamiento pliométrico tiene efectos positivos en el rendimiento deportivo, como se puede comprobar en muchos estudios, sobre la velocidad y la fuerza de extensión de las piernas en especial. El enfoque del entrenamiento pliométrico es el ciclo de estiramiento-acortamiento inducido en el complejo músculo-tendinoso, donde los tejidos blandos se alargan y acortan repetidamente (3).

En todos los estudios, la intervención que se lleva a cabo es un programa de ejercicios pliométricos de varias semanas, difiriendo en función del estudio (5 y 12 semanas). La gran mayoría de estos ejercicios son desde saltos en estático, saltos con una sola pierna, sentadillas con salto, saltos en zigzag hacia delante, etc. Todos estos ejercicios tienen un principal enfoque, el ciclo de estiramiento-acortamiento.

En cuanto a la estabilidad del tobillo, los resultados sugieren que el ejercicio pliométrico es beneficioso para mejorar la propiocepción de las personas con inestabilidad funcional de tobillo, ya que la pliometría implica movimientos balísticos repetitivos que hacen que los mecanorreceptores dentro o alrededor de la articulación objetivo se sometan a una estimulación continua y por lo tanto mejorar la sensibilidad de los receptores neuromusculares a la posición articular (14), los cambios en el equilibrio dinámico son causados por modificaciones en la propiocepción y el control neuromuscular (2).

En uno de los estudios seleccionados (1), el entrenamiento integrado que incluye componentes pliométricos y de equilibrio es una estrategia más efectiva para mejorar el

sentido de la posición de la articulación del tobillo, debido a que los resultados post-intervención fueron positivos mejorando la posición articular de inversión y flexión plantar, que son posiciones críticas para el esguince de tobillo (1), por lo que un entrenamiento que combine el equilibrio junto con la pliometría tiene un mayor efecto que aplicando solamente el entrenamiento pliométrico, un factor a tener en cuenta en todas las intervenciones.

Uno de los objetivos era valorar si la pliometría tenía su efecto en cuanto al tiempo de reacción tras el contacto con el suelo. En dos de los artículos seleccionados (1,3) se encontró que el tiempo de ajuste del flexor plantar del tobillo durante la fase de aterrizaje con caída medial se redujo de manera significativa mediante el entrenamiento con ejercicios pliométricos, por lo que mejora la capacidad de las personas con IFT para recuperar la estabilidad después del aterrizaje, reduciendo así el riesgo de lesión. El parámetro de ajuste de tiempo es un parámetro novedoso llevado a cabo en uno de los estudios seleccionado (1), que cuantifica la duración del nivel de activación muscular después de impactos con una sola pierna, asociado con la latencia de respuesta y la duración del ajuste después del contacto con el suelo (15). Con los ejercicios pliométricos se obtiene una reducción significativa en el tiempo de ajuste hasta la estabilización en la musculatura que controla el movimiento del tobillo en el plano sagital durante la fase de aterrizaje en caída medial, por lo que la pliometría en deportistas con IFT parece facilitar la estabilización de la activación neuromuscular al acortar el tiempo de ajuste hasta la estabilización (TE) (1,3).

El control neuromuscular brinda de equilibrio y estabilidad las articulaciones objetivo, por lo que la estrategia de activación muscular y el nivel de activación es importante para mejorar los déficits sensorio motores que presentan las personas con inestabilidad funcional de tobillo. En atletas sanos se sabe que el entrenamiento pliométrico afecta el nivel de activación neuromuscular, además de la mejora en la estabilidad funcional de las articulaciones. Sin embargo el objetivo propuesto se centra en la efectividad sobre deportistas con IFT. La literatura existente sobre la pliometría en personas con IFT muestran una mayor actividad de los flexores plantares del tobillo (GL, GM y SOL) durante la fase previa al aterrizaje, por lo que se sugiere que durante el entrenamiento pliométrico las personas con IFT conscientemente o inconscientemente aumentan la actividad muscular pre programada de la articulación del tobillo para prepararse para el aterrizaje, hacer frente a las perturbaciones y absorber el impacto (1). El aumento del nivel de activación pre aterrizaje puede provenir de la experiencia pasada de ejercicios de saltos, una activación pre activada., mientras que el aumento de la actividad muscular en el post aterrizaje puede reflejar una entrada sensorial de los receptores de la posición articular a través del control motor de retroalimentación o un aumento de reclutamiento o tasa de disparo de neuronas motoras. En las tareas de aterrizaje con caída, la actividad muscular previa al aterrizaje juega un papel importante en la estabilidad del complejo tendón-músculo alargado excéntricamente en los momentos posteriores al impacto (16). Un alto nivel de activación del eversor del tobillo (PL) es esencial para proteger el tobillo en el impacto, mientras que al contacto con el suelo se produce un aplanamiento del arco longitudinal medial, por lo que los músculos inversores del tobillo (TA) se contraen de manera excéntrica para controlar el complejo del pie y tobillo. En los estudios

seleccionados el entrenamiento pliométrico la actividad muscular del PL no muestra una actividad significativamente mayor en la fase previa al aterrizaje pero en la fase posterior al aterrizaje sí se observa mayor nivel de actividad, en cambio sí se encuentra una actividad neuromuscular significativamente mayor en el TA tanto en la fase previa al aterrizaje como en la fase posterior al aterrizaje, lo que infiere que el entrenamiento pliométrico puede ser efectivo para estabilizar el pie y el tobillo a través de una contracción excéntrica del tibial anterior, además de una pre activación de los flexores plantares que inducen una actividad muscular pre programada y una preparación para el aterrizaje con el fin de optimizar la absorción del impacto.(1,3).

En cuanto a la biomecánica de la articulación del tobillo, se deben diferenciar dos tipos de movimientos; el movimiento en dirección mediolateral estando controlado por la articulación subastragalina, que son los movimientos mayormente conocidos como inversión y eversión., estos movimientos de la articulación subastragalina se realizan en torno al eje de Henke, que penetra por la cara superointera del cuello del astrágalo, pasa a través del seno del tarso y sale por la parte posteroexterna del calcáneo. Por otro lado, debemos diferenciar el movimiento anteroposterior, comúnmente llamado flexión plantar y flexión dorsal, quedando estos movimientos controlados por la articulación tibio-peroneo-astragalina, (talo crural) la cual establece una conexión funcional entre la mortaja tibio-peronea y la tróclea astragalina (17). Tanto la articulación de la cadera como la rodilla muestran un aumento en la flexión en la tarea de aterrizaje con una sola pierna después de un entrenamiento con ejercicios pliométricos, pero se observa una disminución en la flexión dorsal del tobillo. Dicha reducción de la dorsiflexión de tobillo puede deberse a que la línea de CP se mueve anteriormente, cuando esto sucede la articulación tibio-peroneo-astragalina se flexiona dorsalmente de forma pasiva y luego se flexiona hacia plantar de forma activa para reestablecer el equilibrio. La flexión plantar activa mueve el CP hacia atrás, de modo que la línea de gravedad se mueve hacia delante para mantener el equilibrio. Se ha podido observar que una intervención de ejercicios pliométricos en deportistas con IFT reduce dicha oscilación anteroposterior de los centros de presión, optimizando así la estabilidad y equilibrio de tobillo (2). Sin embargo, la oscilación de movimiento mediolateral se ha podido ver reducida durante los aterrizajes con salto de una sola pierna en un programa de entrenamiento que combina el ejercicio pliométrico junto con un entrenamiento de estabilización dinámica (18). Por lo tanto, se cree que el entrenamiento con ejercicios pliométricos inducen el fortalecimiento muscular y las adaptaciones neuromusculares promoviendo el rendimiento funcional para mantener el equilibrio estático y dinámico y el control motor.

Por último, se ha observado el efecto que tienen los ejercicios pliométricos sobre la biomecánica del aterrizaje y el ángulo de las articulaciones. En general, se puede ver cómo el entrenamiento pliométrico aumenta los ángulos máximos en la cadera y rodilla en el plano sagital, y una reducción de los ángulos máximos en el plano transversal de la cadera y en el plano frontal y transversal del tobillo, adoptando así una biomecánica de aterrizaje más eficaz para absorber las fuerzas de impacto sobre el tobillo mediante el aumento de flexión de las articulaciones adyacentes. El aumento de los ángulos e flexión de rodilla y cadera durante la tarea de aterrizaje con salto permite que el cuerpo absorba las fuerzas articulares de manera más efectiva, promoviendo así la ventaja mecánica de las estructuras

de tejido blando que proporcionan estabilidad articular. De hecho, el movimiento de la articulación de la rodilla es el mecanismo de absorción de impactos más fuerte, y una limitación en esta flexión puede asociarse a un aumento de riesgo de lesión (3). En cuanto al plano frontal el entrenamiento pliométrico disminuye la inversión máxima de tobillo en el aterrizaje de caída lateral, evitando una inversión excesiva y brindando de estabilidad la articulación del tobillo (2,3). Por lo que parece que tras una intervención de ejercicios pliométricos los deportistas con IFT optan por el uso de las articulaciones de la rodilla y la cadera más comúnmente para controlar la inestabilidad del tobillo durante el aterrizaje proporcionando una mayor estabilidad y reduciendo el riesgo de lesión.

Todos estos resultados implican cambios de importancia moderada en la funcionalidad del tobillo del paciente, por lo que pueden tener una repercusión sobre la percepción de la disfunción y limitación, y por consiguiente, sobre la recuperación u optimización de la funcionalidad y adherencia al tratamiento o readaptación.

En cuanto a la población, cuatro de los estudios incluidos se centraron en deportistas con IFT de ambos sexos y con variabilidad de edades (exceptuando a niños y ancianos) (1,2,3,4) y dos de los estudios se centraron en deportistas sanos, sin IFT (5,6). En ambos casos, el efecto de la pliometría resultó ser beneficiosa.

En los estudios también encontramos contraste de plazos, aunque poco, pero se puede encontrar un beneficio generalmente a corto-medio plazo (1,2,3,4,6) y otro beneficio a largo plazo (5). En todos los casos vemos que los efectos del ejercicio pliométrico mientras sea empleado de manera frecuente o aplicado en el entrenamiento de los deportistas, perduran y muestran efectividad. Aunque los estudios sugieren que para evaluar los beneficios de manera más efectiva hace falta más de 4 semanas de adherencia al programa de intervención de ejercicios pliométricos.

LIMITACIONES

La revisión se ha realizado mediante la obtención de artículos científicos en las diferentes bases de datos electrónicas disponibles. Sin embargo, debido a los términos de búsqueda (palabras claves) empleados, se han podido ignorar artículos que podrían haber sido relevantes. Además de ignorar artículos científicos que hayan sido escritos en inglés o español. El tema escogido ha supuesto tener que realizar una búsqueda limitada ya que existe poca literatura sobre el ejercicio pliométrico en atletas o deportistas con inestabilidad funcional de tobillo. Así, se han aceptado algunos estudios que cumplieran los criterios de inclusión y tuvieran relación con el tema, en ocasiones sin tener relación directa con el resultado, pero sí de manera global. Además se han utilizado estudios en atletas sanos tanto en la introducción como en la discusión, con el objetivo de explicar más detalladamente el beneficio y eficacia del entrenamiento pliométrico en las adaptaciones neuromusculares de los tejidos.

Las revisiones bibliográficas no se llevan a cabo únicamente con la finalidad de hacer investigación. La importancia de la revisión de la literatura se considera una herramienta básica para avanzar en la práctica. Puede ayudar a inspirar y generar nuevas ideas, poniendo de relieve las incoherencias en los conocimientos actuales. Tiene una función importante en la evaluación de los tratamientos o programas de rehabilitación actuales y sirve para formular recomendaciones para el cambio o la mejora de dichas intervenciones. Por otra parte, también es útil para el estudio del marco teórico, en este caso sobre la pliometría y su aplicación en la inestabilidad funcional de tobillo, a través de la exploración y la evaluación crítica de los conocimientos existentes.

CONCLUSIONES

Existe evidencia moderada que muestra adaptaciones neuromusculares y cambios en la biomecánica del aterrizaje derivados del uso del entrenamiento con ejercicios pliométricos. Consecuentemente, estas adaptaciones mejoran la estabilidad funcional de tobillo, así como el tiempo de estabilización y el pico de activación neuromuscular, disminuyendo así el riesgo de lesión.

Actualmente, existe evidencia sobre la pliometría en pacientes o deportistas sanos, enfocado a un rendimiento deportivo más que a una mejora de la funcionalidad o mejora del control motor. La bibliografía existente muestra cierta escasez de estudios actuales sobre dicha intervención en deportistas con inestabilidad funcional de tobillo. Se necesita más investigación para poder determinar el efecto del entrenamiento pliométrico aislado en la inestabilidad funcional de tobillo.

Aunque el entrenamiento pliométrico puede ser un mejor tipo de entrenamiento según los estudios analizados, la integración de la pliometría junto con un programa de estabilización dinámica deben seleccionarse según la necesidad de los deportistas e incorporarse a los regímenes de entrenamiento y programas de rehabilitación de los deportistas con IFT.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Huang P-Y, Jankaew A, Lin C-F. Effects of plyometric and balance training on neuromuscular control of recreational athletes with functional ankle instability: A randomized controlled laboratory study. *Int J Environ Res Public Health*. 2021; 18(10):5269.
2. Lee HM, Oh S, Kwon JW. Effect of plyometric versus ankle stability exercises on lower extremity biomechanics in Taekwondo demonstration athletes with functional ankle instability. *Int J Environ Res Public Health*. 2020; 17(10):3665.
3. Huang PY, Chen WL, Lin CF, Lee HJ. Lower extremity biomechanics in athletes with ankle instability after a 6-week integrated training program. *Train J Athl*. 2014; 49(2):163-72.
4. Ismail MM, Ibrahim MM, Youssef EF, El Shorbagy KM. Plyometric training versus resistance exercises after acute lateral ankle sprain. *Foot Ankle Int*. 2010; 31(6):523-30.
5. Hirayama K, Iwanuma S, Ikeda N, Yoshikawa A, Ema R, Kawakami Y. Plyometric training promotes optimization of muscle-tendon behavior during depth jumping. *Frontal Physiol*. 2017; 8:16.
6. Myer GD, Ford KR, McLean SG, Hewett TE. The effects of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics. *Soy J Sports Med*. 2006; 34(3):445-55.
7. Hertel J. Sensorimotor deficits with ankle sprains and chronic ankle instability. *Clin Sports Med*. 2008; 27(3):353-70, vii.
8. Miklovic TM, Donovan L, Protzuk OA, Kang MS, Feger MA. Acute lateral ankle sprain to chronic ankle instability: a pathway of dysfunction. *Phys Sportsmed*. 2018; 46(1):116-22.
9. Hopkins JT, Coglianese M, Glasgow P, Reese S, Seeley MK. Alterations in evertor/inverter muscle activation and center of pressure trajectory in participants with functional ankle instability. *J Electromyogr Kinesiol*. 2012; 22(2):280-5.
10. Ko J, Rosen AB, Brown CN. Functional performance deficits in adolescent athletes with a history of lateral ankle sprain(s). *Phys Ther Sport*. 2018; 33:125-32.
11. Chimera NJ, Swanik KA, Swanik CB, Straub SJ. Effects of plyometric training on muscle activation strategies and performance in female athletes. *Train J Athl*. 2004; 39(1):24-31.

12. Sanchez M, Sanchez-Sanchez J, Nakamura FY, Clemente FM, Romero-Moraleda B, Ramirez-Campillo R. Effects of plyometric jump training on fitness in female soccer players: a systematic review with meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2020; 17(23):8911.
13. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JPA, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies evaluating health care interventions: explanation and elaboration. *J Clin Epidemiol*. 2009; 62(10):e1-34.
14. Swanik KA, Lephart SM, Swanik CB, Lephart SP, Stone DA, Fu FH. The effects of plyometric shoulder training on proprioception and selected muscle performance characteristics. *J Shoulder Elbow Surgery*. 2002; 11(6):579-86.
15. Gutierrez GM, Knight CA, Swanik CB, Royer T, Manal K, Caulfield B, et al. Examination of neuromuscular control during landings on a supination platform in people with and without ankle instability. *Soy J Sports Med*. 2012; 40(1):193-201.
16. Neamatallah Z, Herrington L, Jones R. An investigation into the role of gluteal muscle strength and EMG activity in the control of hip and knee motion during landing tasks. *Phys Ther Sport*. 2020; 43:230-5.
17. Viladot Voegeli A. Functional anatomy and biomechanics of the ankle and foot. *Rev Esp Reumatol*. 2003; 30(9):469-77.
18. Myer GD, Ford KR, McLean SG, Hewett TE. The effects of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics. *Soy J Sports Med*. 2006; 34(3):445-55.

ANEXO DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1. Diagrama de flujo

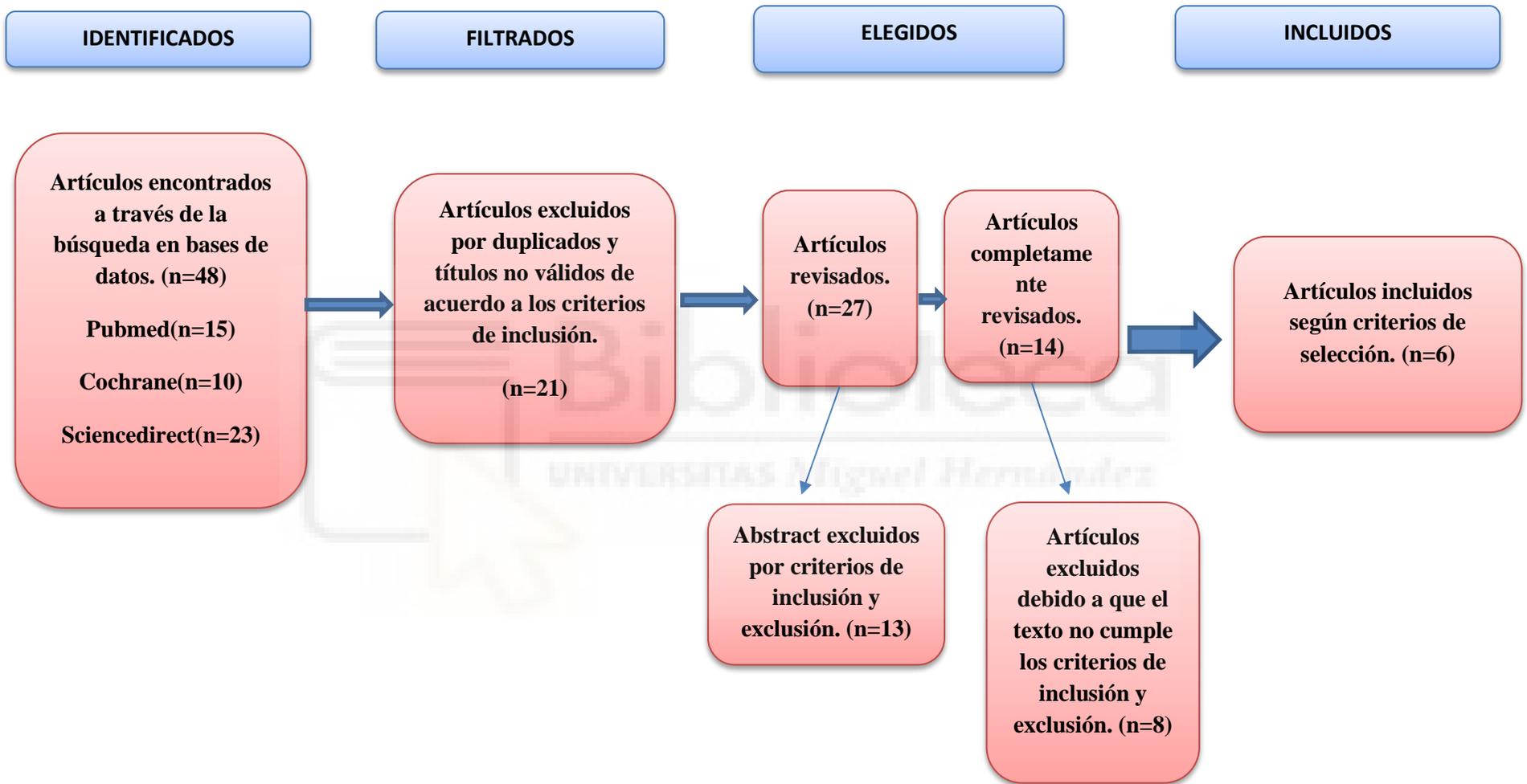


Figura 2. Tabla de Resultados

Autor, año	Diseño estudio	Objetivo	Población	Criterios de inclusión	Intervención	Medidas de resultado	Momentos de evaluación	Resultados
Pi-Yin Huang, et al. 2021.	Estudio de laboratorio controlado y aleatorizado	Investigar el cambio del sentido de la posición articular y la actividad neuromuscular del tobillo inestable después de 6 semanas de entrenamiento pliométrico/equilibrio integrado y entrenamiento pliométrico de seis semanas	<p>Atletas recreativos con IFT N=30. Los 30 participantes fueron asignados aleatoriamente.</p> <p>3 grupos: Grupo pliométrico. N=10 Grupo pliométrico/integrado. N=10 Grupo control. N=10</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Deportistas universitarios recreativos con edades comprendidas entre los 18 y los 30 años, todos con IFT. • Participar regularmente en actividades deportivas. • Haber experimentado al menos un esguince de inversión de tobillo que resulte en hinchazón, dolor y disfunción en los últimos 12 meses. • Eventos de “cedimiento” del tobillo en los últimos 12 meses. • Puntaje inferior en el CAIT • Resultado negativo en las pruebas de cajón anterior e 	<p>Cada programa de entrenamiento duró 6 semanas con 3 sesiones individuales por semana. El contenido del entrenamiento pliométrico comenzó con una sentadilla con salto simple y progresó a un desafiante salto y saltos. El contenido del entrenamiento integrado de equilibrio/pliometría involucró saltos y sentadilla equilibrada o estocadas equilibradas cada semana.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sentido de posición conjunta • Estrategia de Activación Muscular (Nivel de activación mediante EMG) • Ajuste de tiempo, Tiempo de estabilización (TE) 	<p>Tras 6 semanas de entrenamiento o se vuelven a repetir las pruebas de evaluación, realizando comparaciones con las pruebas pre-entrenamiento.</p>	<p>Grupo Pliométrico:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Estabilización (TE) más rápida en el flexor plantar del tobillo durante caída de aterrizaje medial con una sola pierna. <p>Grupo integrado Pliométrico/equilibrio:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Mejora el sentido de la posición conjunta de la articulación del tobillo ✓ Se aumenta el nivel de activación muscular de los flexores plantares del tobillo durante

				inclinación del astrágalo.				la fase previa al aterrizaje.
Ha Min Lee, et al. 2020	Ensayo Controlado Aleatorizado	Comparar los efectos de los ejercicios pliométricos y de estabilidad del tobillo sobre el equilibrio dinámico y los parámetros cinemáticos y cinéticos de las extremidades inferiores de los atletas de Taekwondo con inestabilidad funcional de tobillo.	Atletas recreativos de Taekwondo con inestabilidad funcional de tobillo (IFT). Los 14 voluntarios fueron asignados aleatoriamente. N= 14. Grupo de ejercicios pliométricos. N=7 Grupo de ejercicios de estabilidad del tobillo. N=7	<ul style="list-style-type: none"> • Sin antecedentes de deformidad ortopédica congénita en miembro inferiores. • Sin cirugía ortopédica durante los 6 meses previos y sin trastorno vestibular o del equilibrio. 	<p>El programa de entrenamiento duró 8 semanas y se realizó dos veces por semana durante 1 hora. Los sujetos realizaron ejercicios de calentamiento y enfriamiento durante 10 min; así, el programa de entrenamiento duró 40 min.</p> <p>El programa de pliometría consistió en saltar de diferentes lados, saltando con o sin caja, y realizando saltos con una y dos piernas. 3 seriesx8 repeticiones.</p> <p>El programa de estabilidad consistió en usar almohadillas de equilibrio y realizar ejercicios con banda elástica y rango de movimiento activo. 3seriesx15repeticiones .</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Prueba de equilibrio Y. • Análisis Cinemático y Cinético con un sistema de análisis de movimiento 3D con 6 cámaras y 2 placas de fuerza para medir las fuerzas de reacción al suelo (FRS) y determinar los centros de presión (CP). 	Tras 8 semanas de entrenamiento o se vuelven a repetir las pruebas de evaluación, realizando comparaciones con las pruebas pre-entrenamiento.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tanto el grupo pliométrico como el de estabilidad reforzaron el equilibrio dinámico y disminuyeron el balanceo postural. ✓ El grupo pliométrico adoptó una estrategia de aterrizaje diferente, utilizando las articulaciones de la rodilla y la cadera para controlar la inestabilidad del tobillo en el aterrizaje. ✓ El ejercicio pliometrico optimiza la rehabilitación del tobillo, la estabilidad y la absorción de impactos por

								lo que mejora y reduce el riesgo de lesión durante el aterrizaje.
Pi-Yin Huang, et al. 2014.	Ensayo clínico controlado aleatorizado .	Investigar el efecto del entrenamiento pliométrico y de equilibrio integrado en participantes con IFT durante un aterrizaje de caída con una sola pierna y una posición de pie con una sola pierna.	Atletas con Inestabilidad funcional de tobillo (IFT). Los participantes fueron asignados aleatoriamente. N=30 Grupo pliométrico: N=10 Grupo integrado: N=10 Grupo control: N=10	<ul style="list-style-type: none"> • `Pertinencia a un equipo deportivo y realización de ejercicio regular. • Al menos 1 esguince agudo por inversión de tobillo que resultase en hinchazón, dolor y disfunción. • Esguinces de tobillo recurrentes o tobillo que “cede” en los últimos 12 meses. • Puntaje de menos de 24 en la herramienta de inestabilidad de tobillo de Cumberland. • Pruebas de cajón anterior e inclinación del astrágalo clínicamente negativas. 	Un programa de entrenamiento pliométrico de 6 semanas versus un programa de entrenamiento integrado de 6 semanas. Cada programa de entrenamiento continuó durante 6 semanas, con 3 sesiones por semana.	<ul style="list-style-type: none"> • Balanceo postural estático. • Cinemática; ángulos de las articulaciones de la cadera, la rodilla y el tobillo durante el aterrizaje con caída lateral y medial. • Tiempo de estabilización (TE) en el aterrizaje con caída lateral posterior al entrenamiento. • Centro de masa y centro de presión. (CM y CP) 	Tras 6 semanas de entrenamiento o se vuelven a repetir las pruebas de evaluación, realizando comparaciones con las pruebas pre-entrenamiento.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tanto el grupo pliométrico aislado como el grupo integrado demostraron un aumento de los ángulos máximos en el plano sagital de las extremidades inferiores y una disminución de los ángulos máximos en los planos frontal y transversal en el contacto con el suelo. ✓ El control postural estático y dinámico mejoró con el entrenamiento

								<ul style="list-style-type: none"> o pliométrico. ✓ El TE para el ángulo de flexión de la rodilla se redujo tanto en el grupo pliométrico y el grupo integrado. ✓ El grupo pliométrico redujo el desplazamiento relativo entre CM y CP 2000ms después del aterrizaje en dirección mediolateral.
Manal Ismail, et al. 2010	Ensayo controlado aleatorizado .	Determinar los efectos del entrenamiento pliométrico frente a los ejercicios de resistencia sobre la fuerza y la función muscular después de un esguince lateral agudo de tobillo.	Atletas de 20 a 35 años con esguince de tobillo en inversión unilateral de grado I o II, al menos 3 semanas después de la lesión aguda. Los sujetos fueron asignados al azar. N=22.	<ul style="list-style-type: none"> • Esguince de tobillo en inversión unilateral de grado I o II al menos 3 semanas después de la lesión aguda. • Entre 20 y 35 años. • Prueba positiva de sentadilla con potencia con un peso igual al 60% del peso corporal del individuo realizando 5 veces en 5 segundos. • Habilidad para pararse con una sola 	Un programa de entrenamiento pliométrico de 6 semanas versus un programa de entrenamiento de resistencia de 6 semanas. El volumen del grupo pliométrico varió de 90 a 140 contactos con los pies por sesión, mientras que la intensidad aumentó progresivamente. Se entrenó 2 días a la	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 4 pruebas funcionales: <ul style="list-style-type: none"> • Bajar escaleras. • Levantarse sobre el talón con la pierna lesionada. • Levantarse sobre los dedos de los pies con la pierna lesionada. • Posición monopodal 	Tras 6 semanas de entrenamiento o se vuelven a repetir las pruebas de evaluación, realizando comparaciones con las pruebas pre-entrenamiento.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tanto el entrenamiento pliométrico como el resistivo mejoran los pares isocinéticos de eversores e inversores y el rendimiento funcional de los atletas. ✓ Las medidas de las pruebas

				<p>pierna durante 30'' con los ojos abiertos y cerrados antes del inicio del entrenamiento pliométrico.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad para mantener el control estático y dinámico del peso corporal con sentadillas con una sola pierna. 	<p>semana durante todo el estudio.</p> <p>El grupo resistivo fue entrenado 2 días a la semana durante todo el estudio. El entrenamiento resistido se inició en forma de ejercicio resistivo manual para dorsiflexión, flexión plantar, eversión e inversión, aplicándose resistencia manual durante 3 a 5 segundos para 10 repeticiones en cada plano.</p>	<p>con la pierna lesionada.</p> <p>▶ Par máximo isocinético de eversores e inversores.</p>		<p>funcionales del grupo pliométrico fueron significativamente más altas que las del grupo resistivo.</p> <p>✓ Los ejercicios pliométricos fueron más efectivos que los ejercicios de resistencia para mejorar el rendimiento funcional de los atletas después de un esguince lateral de tobillo.</p>
Kuniaki Hirayama, et al. 2017	Estudio de casos y controles.	Determinar cómo el entrenamiento pliométrico mejora el rendimiento del ejercicio del ciclo estiramiento-acortamiento (CEA) en términos de fuerza muscular, rigidez del tendón y comportamiento músculo-	21 hombres recreativamente activos. Asignados aleatoriamente en dos grupos. Grupo de entrenamiento pliométrico (n=11). Grupo control (n=10).	<ul style="list-style-type: none"> • Personas recreativamente activas entre 20 y 30 años. • No tener ningún hábito que incluya el ejercicio pliométrico. 	El grupo de entrenamiento pliométrico completó el entrenamiento durante 12 semanas (3días/semana), con un descanso de 1 semana a la mitad del periodo de entrenamiento. Saltos en profundidad, 10 series de 10 reps con descansos de 30''.	<ul style="list-style-type: none"> • Fuerza muscular y rigidez del tendón, mediante dinamómetro o y ultrasonografía. • Cinética y cinemática del drop jump. 	Pre y post periodo de entrenamiento o control, se cuantificaron las medidas de resultado. Antes y después de las 12 semanas de periodo de entrenamiento o.	✓ El entrenamiento o pliométrico mejora el rendimiento del ejercicio CEA mediante la optimización del comportamiento musculotendinoso de

		tendinoso durante el ejercicio CEA.			Al grupo control se le solicitó mantener sus actividades diarias durante el periodo; se les permitió continuar con sus propios hábitos de ejercicio.	<ul style="list-style-type: none"> • Brazo de momento del tendón de Aquiles. 		<p>los agonistas.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Alteración en la actividad neuromuscular durante el ejercicio CEA ✓ Aumento de la rigidez del tendón. ✓ Disminución de la actividad neuromuscular del antagonista durante la fase de frenado.
Gregorio D Mayer, et al. 2006	Estudio de laboratorio controlado.	Evaluar cómo el entrenamiento pliométrico y dinámico altera la biomecánica del movimiento de las extremidades inferiores y valorar si reduce el riesgo de lesión.	Participaron 18 jugadores de voleibol . (n=23). Fueron divididos en dos grupos aleatoriamente. Grupo pliométrico. (n=8) Grupo de equilibrio. (n=10)	<ul style="list-style-type: none"> • El sujeto debía participar en al menos dos tercios de las sesiones de entrenamiento. • Sujetos no lesionados. 	Se estableció un programa de 5 semanas de entrenamiento, tanto para el grupo pliométrico como para el grupo de equilibrio y dinámica. Cada sesión de entrenamiento duró aproximadamente 90 minutos. El entrenamiento pliométrico enfatizó los movimientos con máximo esfuerzo y potencia y la ejecución de técnicas	<ul style="list-style-type: none"> • Prueba de salto vertical. • Medidas del plano coronal para el contacto inicial. • Ángulo máximo de cadera, rodilla y tobillo durante el salto vertical con caída. 	Pre y post periodo de entrenamiento, se cuantificaron las medidas de resultado. Antes y después de las 5 semanas de periodo de entrenamiento.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tanto el entrenamiento o pliométrico como el de equilibrio pueden reducir las medidas de valgo de las extremidades inferiores en la cadera y el tobillo durante un actividad pliométricas de 2 pies.

					de corte con reacciones rápidas y máximo esfuerzo.			<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ambos entrenamientos reducen las medidas de vlg durante una estabilización dinámica de una sola extremidad. ✓ En el plano sagital, los aumentos de entrenamiento en la flexión de la rodilla hace que pueda ser necesario utilizar modos de entrenamiento o pliométrico.
--	--	--	--	--	--	--	--	---



Figura 3. Análisis de la calidad metodológica mediante escala PEDro.

ESTUDIO (autor y año)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Score
Pi-Yin Huang, et al. 2021	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	8
Ha Min lee, et al. 2020	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	8
Pi-Yin Huang, et al. 2014	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	8
Manal M Ismail, et al. 2010	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	8
Kuniaki Hirayama, et al. 2017	-	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	7
Gregorio D. Myer, et al. 2005	-	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	6

Criterio 1. Los criterios de elección fueron específicos.

Criterio 2. Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos.

Criterio 3. La asignación fue oculta.

Criterio 4. Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico importantes.

Criterio 5. Todos los sujetos fueron cegados.

Criterio 6. Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados.

Criterio 7. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados.

Criterio 8. Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos.

Criterio 9. Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control o cuando este no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por “intención de tratar”.

Criterio 10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave.

Criterio 11. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave.

(+)PRESENTE

(-)AUSENTE

MEDIA PUNTUACIÓN: 7,5

