

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EFFECTO DE DIVERSOS TIPOS DE EJERCICIOS SOBRE LA PROPIOCEPCIÓN,  
LA FUERZA Y EL EQUILIBRIO EN DEPORTISTAS CON INESTABILIDAD DE  
TOBILLO: REVISIÓN SISTEMÁTICA Y META ANÁLISIS

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de  
Posgrado en Ciencias del Movimiento Humano y la Recreación, para optar por el  
grado y título de:

Maestría Académica en Ciencias del Movimiento Humano

SARA NAVARRO RODRÍGUEZ

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2024

## **DEDICATORIA**

A Dios primero que nada por darme salud para poder culminar este largo proceso.

A mis padres, que siempre han estado ahí para apoyarme, empujarme muchas veces que lo he necesitado e incentivarme a siempre dar lo mejor de mí.

A mis hermanos que siempre han sido un gran ejemplo de superación y que gracias a las enseñanzas de nuestros padres siempre nos hemos apoyado.

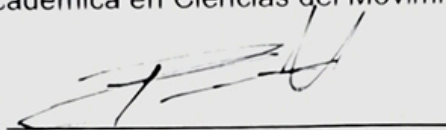
## **AGRADECIMIENTOS**

A los profesores de la Escuela de Ciencias del Movimiento Humano y la Recreación, gracias por todos sus conocimientos y enseñanzas todos estos años. Mi paso por esta maestría fue muy enriquecedora y novedosa para mí.

Al profesor Walter Salazar por esa guía, con tanta experiencia y conocimiento durante mis primeras investigaciones en el programa.

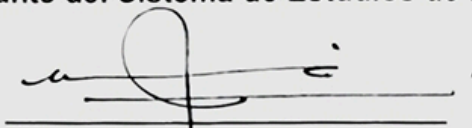
A mi tutor Gerardo Araya, el cual no tengo como agradecerle por haber logrado sacar en formato en línea primero mi candidatura y posteriormente mi defensa de tesis. lo cual fue novedoso para muchos posterior al COVID y que nos facilitó mucho a quienes trabajamos. Gracias además por haberme enseñado en tan poco tiempo una técnica de investigación que era nueva para mi y bastante compleja, pero con mucha paciencia y gran trabajo logramos sacar.

"Este trabajo final de investigación aplicada fue aceptado por la Comisión del Programa Estudios del Posgrado en Ciencias del Movimiento Humano y la Recreación de la Universidad de Costa Rica, como requisito para optar por el título de Maestría Académica en Ciencias del Movimiento Humano."



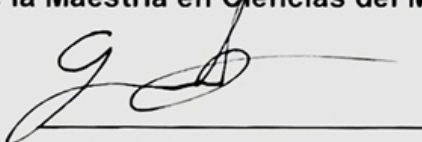
Ph.D. Pedro Carazo

**Representante del Sistema de Estudios de Posgrado**



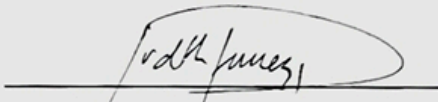
Ph.D. Jessenia Hernández Elizondo

**Coordinadora de la Maestría en Ciencias del Movimiento Humano**



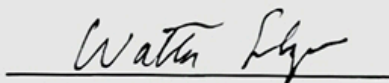
Ed.D. Gerardo Araya Vargas

**Tutor**



Ph.D. Judith Jiménez Díaz

**Lectora**



Ph.D. Walter Salazar Rojas

**Lector**



Sara Navarro Rodríguez

**Sustentante**

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II. MARCO TEORICO	4
Lesiones deportivas	5
Anatomía del tobillo	5
Ligamentos del tobillo	6
Definición de características de inestabilidad de tobillo	7
Lesiones más típicas de tobillo en deporte	7
Tratamiento de rehabilitación para inestabilidad de tobillo	8
Efectos del ejercicio físico sobre la inestabilidad del tobillo: revisión de revisiones sistemáticas con o sin meta análisis	10
Propiocepción: concepto e importancia como ejercicio terapéutico para lesiones de tobillo	11
Importancia del entrenamiento del sistema propioceptivo	12
Equilibrio: concepto e importancia como ejercicio terapéutico para lesiones de tobillo	16
Detección de movimiento angular, movimiento lineal e inclinación	17
La Periférica vestibular	18
Instrumentos de medición	18
Balance	21
Algunas pruebas para evaluar el balance	22
Síntesis general de las diferencias entre balance y equilibrio	24
Fuerza: concepto e importancia como ejercicio terapéutico para lesiones de tobillo	28
JUSTIFICACIÓN	36
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y DEFINICIÓN DE VARIABLES	39
Definición de las variables	39
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	41
Tipo de estudio	41
Definición de meta análisis	41
Estrategia de búsqueda	42
Criterios de elegibilidad	42
Codificación de estudios	43
Evaluación y riesgo de sesgo en los estudios individuales	43
Proceso de búsqueda	46
Sistematización de datos	46
Variables a estudiar	47
Análisis estadístico	48
Metaanálisis intragrupos	48
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	51

Metaanálisis de datos de grupos experimentales	62
Variables moderadoras de los efectos del ejercicio físico, en deportistas con inestabilidad de tobillo	80
Variables categóricas	80
Variables moderadoras continuas	80
Variables moderadoras sobre los efectos de ejercicio balance en deportistas con inestabilidad de tobillo	81
Análisis de variables moderadoras continuas	82
Variables moderadoras sobre los efectos de ejercicio de fuerza en deportistas con inestabilidad de tobillo	84
Variables moderadoras sobre los efectos de ejercicio de propiocepción en deportistas con inestabilidad de tobillo	87
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN	90
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES	99
CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES	101
REFERENCIAS	102

## RESUMEN

Navarro Rodríguez, S. (2024). Efectos de diversos tipos de ejercicio sobre la propiocepción, la fuerza y el equilibrio en deportistas con inestabilidad de tobillo: revisión sistemática y meta análisis. **Propósito:** evaluar los efectos del ejercicio propioceptivo, de fuerza y equilibrio (balance) en deportistas con inestabilidad de tobillo. **Metodología:** se realizó una búsqueda sistemática de literatura electrónica en las bases de datos EBSCOhost, SportDiscuss, Medline Full Text, Google Scholar y Pubmed. El cálculo del tamaño de efecto ( $TE$ ) se realizó bajo el modelo de efectos aleatorios, con 95% de confianza (IC 95%), análisis de heterogeneidad ( $Q$ ), inconsistencia ( $I^2$ ) y sesgo general (Test de Egger). **Resultados:** se codificaron un total de 13 estudios para balance, 7 estudios para fuerza y 6 estudios para propiocepción. Para el balance, después de aplicar el modelo Trim and Fill, se obtiene un tamaño de efecto global distinto de cero, que indica que el ejercicio favorece al balance en los deportistas con inestabilidad de tobillo ( $k= 13, n TE=21, TE= 0,34, IC^- =0,22, IC^+ = 0,46, Q = 82,11, p <0.001, I^2 = 69,55\%$ ). En la fuerza el  $TE$  global no fue distinto de cero ( $k= 7, n TE=9, TE= 0,37, IC^- = -0,13, IC^+ = 0,88, Q = 45,30, p <0.001, I^2 = 87,49\%, Egger(p) =0,311$ ), pero hubo heterogeneidad considerable y tras los análisis de variable moderadoras se encontró, que el ejercicio que combina balance y fuerza tuvo efecto beneficioso sobre la fuerza, siendo mayor el efecto de entrenar específicamente fuerza. Además, la frecuencia semanal y el tipo de test pueden moderar este resultado. Y por último en la propiocepción tras utilizar el modelo Trim and Fill se obtuvo un efecto distinto de cero, que indica que el ejercicio aplicado en deportistas con inestabilidad de tobillo, sí beneficia la propiocepción ( $k= 5, n TE=6, TE= 0,38, IC^- = -0,64, IC^+ = -0,13, Q = 103,73, p <0.001, I^2 = 43,25\%$ ). **Conclusiones:** evidencia de que el ejercicio aplicado en deportistas lesión del tobillo, es seguro y genera mejoras en el balance y la propiocepción de estos sujetos. Entrenar solo balance, o entrenar la combinación de balance y fuerza, puede generar algún efecto en lo que sería el balance. Entrenar fuerza y balance tiene un efecto mayor sobre la variable fuerza. Para la propiocepción al combinar el ejercicio de balance, fuerza y propiocepción, junto con el ejercicio de fuerza y propiocepción, promueve una mejoría.

## ABSTRACT

Navarro Rodríguez, S. (2024). Effects of various types of exercise on proprioception, strength and balance in athletes with ankle instability: systematic review and meta-analysis. **Purpose:** to evaluate the effects of proprioceptive, strength and balance exercise in athletes with ankle instability. **Methodology:** a systematic search of electronic literature was carried out in the EBSCOhost, SportDiscuss, Medline Full Text, Google Scholar and Pubmed databases. The calculation of the effect size (ET) was carried out under the random effects model, with 95% confidence (95% CI), analysis of heterogeneity (Q), inconsistency ( $I^2$ ) and general bias (Egger's Test). **Results:** A total of 13 studies were coded for balance, 7 studies for strength, and 6 studies for proprioception. For balance, after applying the Trim and Fill model, a global effect size other than zero is obtained, which indicates that exercise favors balance in athletes with ankle instability ( $k= 13, n TE=21, TE= 0,34, IC- =0,22, IC+ = 0,46, Q = 82,11, p <0.001, I^2 = 69,55\%$ ). In strength, the global TE was not different from zero ( $k= 7, n TE=9, TE= 0,37, IC- = -0,13, IC+ = 0,88, Q = 45,30, p <0.001, I^2 = 87,49\%, Egger(p) =0,311$ ), but there was considerable heterogeneity and after the analysis of moderating variables, it was found that the exercise that combines balance and strength had a beneficial effect on strength, being greater the effect of training specifically strength. Furthermore, the weekly frequency and type of test can moderate this result. And finally, in proprioception, after using the Trim and Fill model, an effect other than zero was obtained, which indicates that the exercise applied in athletes with ankle instability does benefit proprioception ( $k= 5, n TE=6, TE= 0,38, IC- = -0,64, IC+ = -0,13, Q = 103,73, p <0.001, I^2 = 43,25\%$ ). **Conclusions:** evidence that exercise applied to athletes with ankle injuries is safe and generates improvements in the balance and proprioception of these subjects. Training balance alone, or training the combination of balance and strength, can have some effect on what balance would be. Training strength and balance has a greater effect on the strength variable. For proprioception, combining balance, strength and proprioception exercise, along with strength and proprioception exercise, promotes improvement.

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de características de revisiones sistemáticas con o sin metaanálisis de tratamientos no farmacológicos ni aparatología fisioterapéutica para la inestabilidad del tobillo en deportistas	9
Tabla 2. Revisión de estudios experimentales sobre efectos de entrenamientos de la propiocepción en la inestabilidad del tobillo	15
Tabla 3. Revisión de estudios experimentales sobre efectos de entrenamientos de equilibrio en la inestabilidad del tobillo	25
Tabla 4. Variables dependientes	29
Tabla 5. Reporte de incidencia o recurrencia de lesión de tobillo durante la práctica de ejercicio terapéutico	30
Tabla 6. Resumen de las variables independientes y dependientes medidas en cada estudio. Listado de estudios meta analizados	34
Tabla 7. Variables dependientes	39
Tabla 8. Variables Moderadoras	40
Tabla 9. Criterios utilizados para evaluar la calidad de los estudios	45
Tabla 10. Características de los estudios incluidos en la revisión sistemática con metaanálisis de los efectos de ejercicio propioceptivo, de fuerza y equilibrio en deportistas con inestabilidad de tobillo	54
Tabla 11. Evaluación de la calidad metodológica de los estudios incluidos en el metaanálisis según la escala TESTEX	60
Tabla 12. Resumen de metaanálisis del efecto del ejercicio sobre balance, propiocepción y fuerza en deportistas con inestabilidad del tobillo. Tamaños de efecto (TE) pre vs. post test. Datos de grupos experimentales	62
Tabla 13. Datos de grupos controles. Resumen de metaanálisis sobre el efecto del ejercicio sobre balance, propiocepción y fuerza en deportistas con inestabilidad del tobillo. Tamaños de efecto (TE) pre vs. post test.	79
Tabla 14. ANOVA análogo. Análisis de variables moderadoras categóricas. Metaanálisis de efectos del ejercicio sobre el balance en deportistas con inestabilidad del tobillo. Datos derivados de grupos experimentales	81
Tabla 15. Regresión de mínimos cuadrados ponderados. Análisis de variables moderadoras continuas. Meta análisis de efectos del ejercicio sobre el balance en deportistas con inestabilidad del tobillo. Datos derivados de grupos experimentales	82
Tabla 16. ANOVA análogo. Análisis de variables moderadoras categóricas. Meta-análisis de efectos del ejercicio sobre la fuerza en	84

deportistas con inestabilidad del tobillo. Datos derivados de grupos experimentales	
Tabla 17. Regresión de mínimos cuadrados ponderados. Análisis de variables moderadoras continuas. Metaanálisis de efectos del ejercicio sobre la fuerza en deportistas con inestabilidad del tobillo. Datos derivados de grupos experimentales	85
Tabla 18. ANOVA análogo. Análisis de variables moderadoras categóricas. Meta análisis de efectos del ejercicio sobre la propiocepción en deportistas con inestabilidad del tobillo. Datos derivados de grupos experimentales	87
Tabla 19. Regresión de mínimos cuadrados ponderados. Análisis de variables moderadoras continuas. Meta análisis de efectos del ejercicio sobre la propiocepción en deportistas con inestabilidad del tobillo. Datos derivados de grupos experimentales	88

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del orden del marco teórico	4
Figura 2. Anatomía del tobillo	6
Figura 3. Flujograma del proceso de selección de artículos	53
Figura 4. Gráfico de bosque de metaanálisis sobre el efecto del ejercicio en el balance en deportistas con inestabilidad de tobillo. Tamaños de efecto (TE) pre vs. post test. Datos de grupos experimentales	65
Figura 5. Gráfico de bosque corregido sin el estudio de Vásquez et al., 2022, del metaanálisis sobre el efecto del ejercicio en el balance en deportistas con inestabilidad de tobillo. Tamaños de efecto (TE) pre vs. post test. Datos de grupos experimentales	66
Figura 6. Gráfico de bosque corregido sin el estudio de Youseff et al., 2018, del metaanálisis sobre el efecto del ejercicio en el balance en deportistas con inestabilidad de tobillo. Tamaños de efecto (TE) pre vs. post test. Datos de grupos experimentales	67
Figura 7. Gráfico de bosque corregido sin el estudio de Vásquez et al., 2022 y Youseff et al., 2018, del metaanálisis sobre el efecto del ejercicio en el balance en deportistas con inestabilidad de tobillo. Tamaños de efecto (TE) pre vs. post test. Datos de grupos experimentales	68
Figura 8. Gráfico de embudo con Trim and Fill. Meta análisis de efectos del ejercicio en el balance	69
Figura 9. Gráfico de embudo de metaanálisis sobre el efecto del ejercicio sobre el balance en deportistas con inestabilidad de tobillo. Tamaños de efecto (TE) pre vs. post test. Datos de grupos experimentales	71
Figura 10. Gráfico de bosque de metaanálisis sobre el efecto del ejercicio en fuerza en deportistas con inestabilidad de tobillo. Tamaños de efecto (TE) pre vs. post test. Datos de grupos experimentales	72
Figura 11. Gráfico de embudo de metaanálisis sobre el efecto del ejercicio sobre la fuerza en deportistas con inestabilidad de tobillo. Tamaños de efecto (TE) pre vs. post test. Datos de grupos experimentales	73
Figura 12. Gráfico de bosque de metaanálisis sobre el efecto del ejercicio en propiocepción en deportistas con inestabilidad de tobillo. Tamaños de efecto (TE) pre vs. post test. Datos de grupos experimentales	74
Figura 13. Gráfico de embudo Trim and Fill. Meta análisis de efectos del ejercicio en la propiocepción	76
Figura 14. Gráfico de bosque corregido sin el estudio de Grueva-Pancheva et al., 2020, del metaanálisis sobre el efecto del ejercicio en propiocepción en deportistas con inestabilidad de tobillo. Tamaños de efecto (TE) pre vs. post test. Datos de grupos experimentales	77

Figura 15. Gráfico de embudo de metaanálisis sobre el efecto del ejercicio sobre la propiocepción en deportistas con inestabilidad de tobillo. Tamaños de efecto (TE) pre vs. post test. Datos de grupos experimentales	78
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS

CAI = inestabilidad crónica de tobillo

FI = inestabilidad funcional

Grade = Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation

MI = inestabilidad mecánica

ROM = rango de movimiento

Picos (Population, Intervention, Comparator, Out-comes and Study Design).

VD = Variable dependiente

MC= Modelo corregido

K: Cantidad de estudios

TE= Tamaño de efecto

I= Tamaño de efectos imputados

TEpp = Tamaño de efecto promedio ponderado

IC= Intervalo de confianza

EE= Error estándar

VM = Variable moderadora



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

SEP Sistema de  
Estudios de Posgrado

**Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.**

Yo, Sara Navarro Rodriguez, con cédula de identidad 112660696, en mi condición de autor del TFG titulado Efecto de diversos tipos de ejercicio sobre la propiocepción, fuerza y equilibrio en deportistas con inestabilidad de tobillo: Revisión sistemática y meta análisis.

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. SI  NO \*

\*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: \_\_\_\_\_ año (s).

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

FIRMA ESTUDIANTE

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.

## CAPITULO I

### INTRODUCCIÓN

Existen importantes beneficios para la salud relacionados con la práctica de actividad física y deporte. Sin embargo, estas actividades no están exentas de riesgos de lesiones.

En algunos deportes existen lesiones que no son potencialmente mortales como se observa muchas veces en deportes de contacto, sin embargo, la aparición de lesiones deportivas puede resultar en dolor, discapacidad y / o disfunción a corto y a largo plazo. Las lesiones son una de las principales razones por las que la gente deja de participar en la actividad física (Emery et al., 2017, p. 17).

Con la actual promoción de un estilo de vida físicamente activo, existe un mayor número de personas practicando algún deporte por lo cual podría esperarse lesiones. Afortunadamente, la mayoría no llegan a limitar la vida o muchas de sus actividades cotidianas, y los beneficios obtenidos del deporte o actividad física para la salud son generalmente mayores que los riesgos involucrados (Emery et al., 2017, p. 17).

Sin embargo, las lesiones deportivas pueden causar dolor y algún inconveniente físico, que resulta en el uso de recursos sanitarios y absentismo laboral (Verhagen et al., 2005, p. 111).

Siendo la lesión más común relacionada con el deporte, los esguinces de tobillo, deben tener un enfoque principal en los procesos de prevención de lesiones deportivas, así como de los estudios científicos en este campo. Se ha estimado que alrededor del 25% de todas las lesiones en todos los deportes son lesiones de tobillo (Verhagen et al., 2005, p. 111).

Después de un trauma en esta zona, estructuras como los ligamentos laterales del tobillo, la musculatura de los evertores, tejido capsular, y el tejido nervioso de la parte inferior de la pierna puede ser comprometidos. Así mismo, el daño a algunas

o todas estas estructuras puede crear inestabilidad en la articulación y predisponer el tobillo a futuras lesiones (Verhagen et al., 2005, p. 111).

La inestabilidad funcional del tobillo (FAI) se ha definido como inestabilidad recurrente o una sensación de ceder. Casi el 40% de las personas sufren una experiencia de esguince lateral de tobillo, la fuente de esta inestabilidad aún no está clara, pero existe una variedad de explicaciones, incluyendo déficits musculares y propioceptivos, que se han hipotetizado (Smith et al., 2012, p. 282).

Si bien, este tema ha sido estudiado, en cuanto a los beneficios de distintas formas de ejercicio físico como parte de tratamiento de estas lesiones, existe cierta controversia entre resultados de algunos de los estudios. Incluso se han generado revisiones sistemáticas de investigaciones en este campo (Bellows y Wong, 2012), pero pese a ello, prevalece ciertas dudas que justifican otro ejercicio de revisión sistemática de evidencias.

Como se verá más adelante, hay estudios que se han sistematizado e incluso meta analizado sobre efectos de algunas formas de ejercicio como el balance, pero una variable que también ha sido investigada, aunque no meta analizada, es la fuerza (ejercicio de fuerza para disminuir la inestabilidad del tobillo). Esto representa que la evidencia de esta temática sigue vigente y no se ha agotado con meta análisis previos (Smith et al., 2012, p. 282).

Un hallazgo destacable de estudios previos es que se ha detectado que los ejercicios de propiocepción y de equilibrio ayudan significativamente a mejorar la condición de las personas que presentan dicho padecimiento. También es importante destacar que los estudios no han profundizado sobre la dosificación del ejercicio para la prevención de esguinces. Los aspectos señalados se pueden abordar mediante la metodología meta analítica para generar consenso en esta evidencia.

En síntesis, lo que se sabe hasta el momento sobre este fenómeno es que los entrenamientos propioceptivos y de incrementos de fuerza muscular ayudan a

disminuir la recurrencia de lesiones del tobillo en deportistas y lo que se debería profundizar si el entrenamiento de balance progresivo o por medio de un entrenamiento más específico de la dirección o sentido de la fuerza mejora la inestabilidad de tobillo de los deportistas.

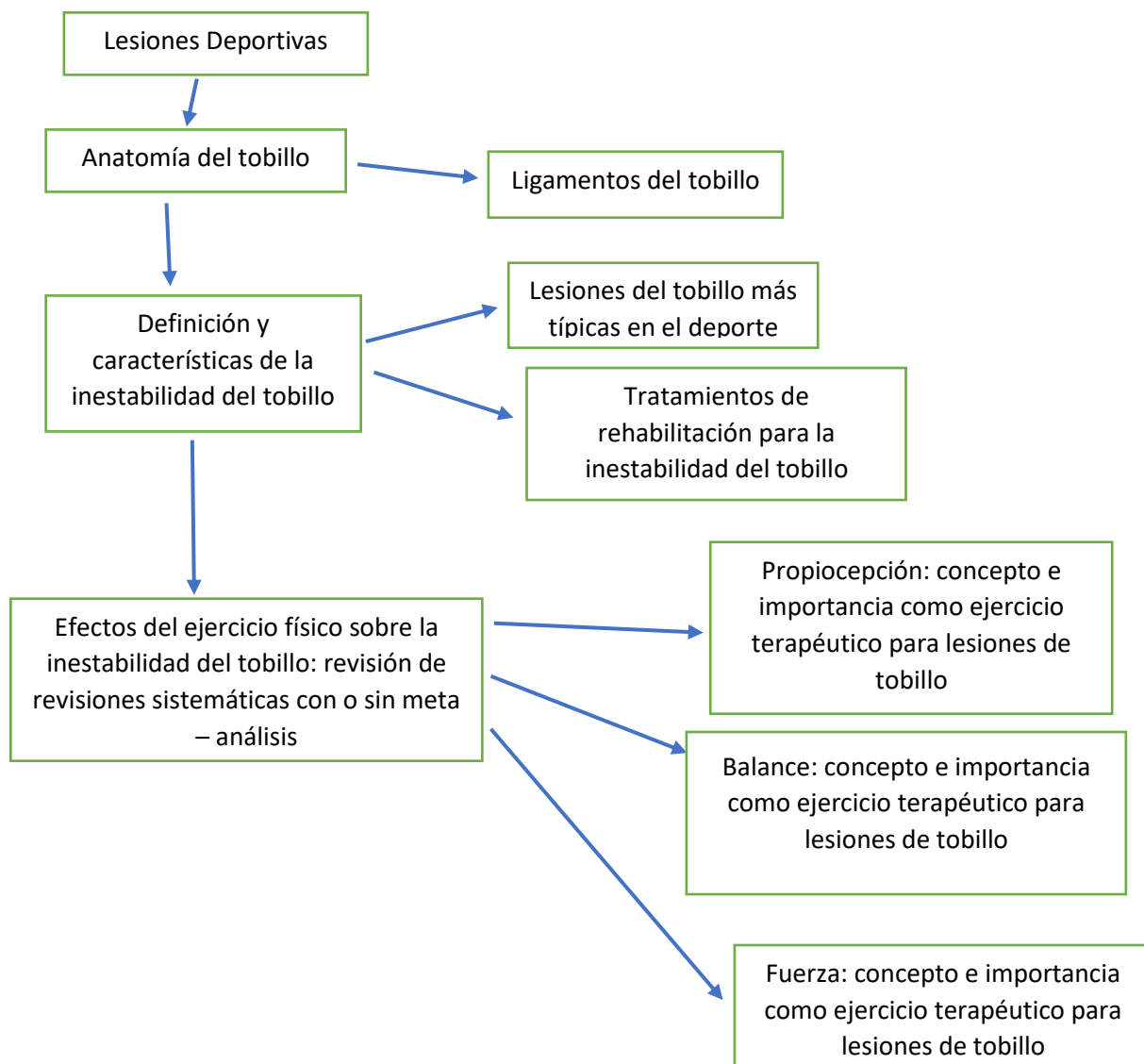
De ello en el presente estudio se pretende revisar sistemáticamente la literatura sobre este tema para orientar futuros estudios y generar un consenso en las evidencias, que pueda orientar la práctica de profesionales en el campo del movimiento humano en el abordaje de posibles lesiones en deportistas y en su prevención.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

**Figura 1**

*Esquema del orden del marco teórico*



Esta figura (figura 1) muestra la secuencia de los temas que se va a tratar en el marco conceptual del presente trabajo.

## **Lesiones deportivas**

Una lesión es el resultado de la aplicación de una fuerza sobre el cuerpo que logra superar su capacidad de resistencia (Rosas, 2011, p. 37).

Esta fuerza lesionante puede ser de tipo instantáneo (lesión aguda) o continua durante un espacio de tiempo más o menos prolongado (lesión crónica). Las lesiones agudas causan dolor intenso, inflamación y dificultad de movimiento. Las lesiones crónicas causan inflamación persistente en el tiempo y dolor que se presenta aun en situación de reposo. Y estas últimas duran más tiempo para sanar (Rosas, 2011, p. 37).

La mejor manera de evitar las lesiones es prevenirlas con la práctica de deporte de un modo saludable y lo más recomendable sería guiado por un especialista (Rosas, 2011, p. 37).

Existen varios tipos de lesión según la zona o tejido del cuerpo:

- Cutáneas: heridas y hematomas.
- Musculares: ruptura de fibras o distensiones.
- Tendinosas (tendinopatías de inserción): inflamación de la zona de inserción de grupos musculares (tendinitis rotuliana, codo de tenista, etc.).
- Ligamentosas: con distensiones y rupturas totales o parciales.
- Vasculares: asociadas a traumatismos o heridas.
- Nerviosas (a nivel de columna vertebral, otros).
- Articulares y óseas como las fracturas (Rosas, 2011, p. 37).

Sin embargo, en este estudio se va enfocar por la más frecuente que es el esguince de tobillo.

## **Anatomía de tobillo**

El tobillo es una articulación sinovial de tipo bisagra altamente congruente, en la que el astrágalo encaja perfectamente en la mortaja formada por las superficies articulares tibial y fibular. Esta conformación anatómica permite el movimiento a

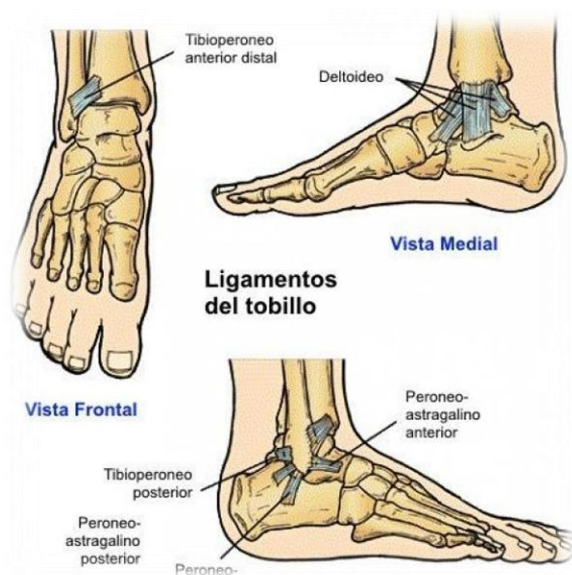
través de un solo eje, el eje bimalleolar, a través del cual se producen los movimientos de flexión plantar y flexión dorsal. Los valores normales del rango de movimiento son 13-33° para la flexión dorsal y 23-56° para la flexión plantar (Dalmau-Pastor et. al, 2020, p. 6).

### Ligamentos del tobillo

Dividimos los ligamentos del tobillo en los que unen los huesos de la pierna entre sí (ligamentos tibiofibulares o sindesmóticos) y los que unen los huesos de la pierna al esqueleto del pie (ligamentos colaterales del tobillo), (Dalmau-Pastor et. al, 2020, p. 6).

### Figura 2.

#### *Anatomía del tobillo*



*Fuente: Belmonte (2020).*

Además, se van a mencionar las lesiones más típicas en el deporte, como sus tratamientos a realizar. Además, del ejercicio terapéutico para la prevención de lesiones.

## **Definición y características de inestabilidad de tobillo**

### **A) Lesiones de tobillo más típicas en el deporte**

Los deportes como el fútbol, el baloncesto y el voleibol pueden presentar tasas de esguince lateral de tobillo de hasta un 70-80%. Alrededor del 30-50% de estos casos desarrollarán inestabilidad crónica del tobillo. Aunque los síntomas de un esguince lateral agudo de tobillo generalmente se resuelven rápidamente, aproximadamente el 40% de las personas con esguince de tobillo inicial desarrollará síntomas de larga duración que incluyen dolor, inestabilidad subjetiva, pérdida de función y lesiones repetitivas del tobillo que conducen a una disfunción constante del tobillo conocida como inestabilidad crónica del tobillo (CAI) (Grueva-Pancheva, 2021, p. 3).

Como muestra Grueva-Pancheva (2021, p. 3), se ha demostrado que la CAI se asocia con un control postural deficiente y una neurona motora alterada.

Como mencionan en el estudio de Cruz-Díaz et al. (2015, pp. 601-602), la inestabilidad funcional se define como el sentimiento subjetivo de inestabilidad y está en relación con una disfunción neuromuscular y propioceptiva, mientras que la inestabilidad mecánica es más objetiva e involucra el movimiento de la articulación del tobillo más allá de los rangos de movimiento fisiológico. Los pacientes con inestabilidad mecánica pueden controlar la articulación del tobillo, aunque presentan más laxitud de lo normal, siendo la sensación de "dar " manera típica en pacientes con inestabilidad crónica de tobillo debido a la inestabilidad funcional. Hay algunos factores predisponentes a presentar inestabilidad crónica de tobillo que podrían clasificarse como intrínsecos o extrínsecos. La disminución de rangos de movimiento o del control postural podría clasificarse como factores intrínsecos. Los factores extrínsecos incluyen actividad física, tipo de suelo y tipo de zapatos usados.

Existen muchos tipos de lesiones en el deporte, sin embargo, hay articulaciones que se ven mayormente afectadas al realizar alguna disciplina deportiva.

Las poblaciones atléticas suelen considerar los esguinces de tobillo como lesiones menores con impactos limitados. Sin embargo, los esguinces agudos de tobillo dan lugar a efectos inmediatos como dolor, hinchazón, debilidad, forma y tiempo perdido en el trabajo / actividad. Las personas que sufren un esguince de tobillo mantienen síntomas 2 años después la lesión. Además, del 40% al 70% de las personas que sufren un esguince agudo de tobillo continuará desarrollando una condición como inestabilidad crónica de tobillo (Reybrun y Powden, 2021, p. 660).

### **B) Tratamientos de rehabilitación para la inestabilidad del tobillo**

La rehabilitación de la inestabilidad del tobillo suele ser multifacética, empleando técnicas de rehabilitación funcional que incluyen la musculatura de la cadera. Además, los protocolos tienen componentes específicos aislados, como el entrenamiento de fuerza del tobillo, control neuromuscular, entrenamiento de coordinación, o una combinación de ambos; sin embargo, ninguno ha aislado la cadera para determinar su impacto (Smith et al., 2018, p. 365).

Por lo tanto, como informan Smith et al. (2018, p. 365), abordar el fortalecimiento de la cadera puede proporcionar mejoras en los factores centrados en el paciente, control postural y fuerza de la cadera, lo que ayuda a los médicos a reducir los síntomas de inestabilidad crónica de tobillo y previenen la recurrencia de la lesión.

Los tratamientos para las lesiones de tejido blando normalmente son de tipo conservador, como lo son: protección, descanso, hielo, compresión y elevación.

El propósito de la rehabilitación del tobillo es la realización de ejercicio para mejorar la fuerza muscular, rango de movimiento y control sensoriomotor, que son comúnmente deteriorados después de un esguince de tobillo (Bleakley et al., 2010, p. 1).

Tras revisar las evidencias previas sobre el tema, solo se encontró un meta análisis y una revisión sistemática sin metaanálisis de estudios que tenían relación con este fenómeno. Estos se presentan en la tabla 1. Se enfocó la revisión en tratamientos donde no se aplicarán los medios farmacológicos ni aparatos fisioterapéuticos por ejemplo el ultrasonido, magneto, láser, entre otros para los tratamientos del tobillo especialmente englobadas con el concepto de la inestabilidad de tobillo. Se hizo un énfasis especial en el uso del ejercicio o actividades afines como un factor terapéutico, pero solamente se encontró un metaanálisis y una revisión sistemática sin metaanálisis que tuvieron relación con este fenómeno. Sus características se resumen a continuación.

**Tabla 1**

*Resumen de características de revisiones sistemáticas con o sin meta análisis de tratamientos no farmacológicos ni aparatología fisioterapéutica para la inestabilidad del tobillo en deportistas.*

	V. D	Número de estudios	Sujetos	Características de sujetos	Resultados Tamaño de efecto	Resultados del autor
Meta análisis (Bellows et al., 2018)	Incidencia de esguince de tobillo	8	7195 atletas	Deportistas de equipos de voleibol, baloncesto, fútbol u otro deporte, que podían reportar o no esguince de tobillo	RR:0,36, p= 0,0057, I <sup>2</sup> = 46%	Uso de tobilleras podrían disminuir el riesgo e incidencia de esguinces de tobillo.
Revisión Sistemática (McKeon et al., 2008)	Efecto de entrenamiento o propioceptivo	11	116 equipos de voleibol	Sujetos que presenten inestabilidad de tobillo o esguince	---	El uso del programa de tabla de equilibrio propioceptivo es eficaz para la prevención de las recurrencias de esguinces de tobillo.

*Notas: VD= Variable dependiente*

Actualmente se sabe que los programas de equilibrio, programas de propiocepción, el uso de tobilleras en entrenamientos de balance ayuda a disminuir el riesgo de lesión o bien la reincidencia de ellas.

Se desconoce si a nivel neuromuscular existen estrategias de prevención de lesiones de tobillo. Tampoco se ha estudiado a fondo en las revisiones previas, si el uso de fuerza reduce los esguinces de tobillo.

En próximos apartados se va a resumir las características y resultados de cada uno de los estudios que se incluyeron en estas revisiones y fueron importantes para el tema del presente estudio. Además, se examinarán otros estudios no incluidos en estas revisiones.

### **Efectos del ejercicio físico sobre la inestabilidad del tobillo: revisión de revisiones sistemáticas con o sin meta análisis**

Del meta análisis Bellows et al. (2018), se había meta analizado originalmente 8 estudios, se revisó las características de esos trabajos y se seleccionaron los siguientes: McGuine et al. (2006), Emery et al. (2006), Hupperets et al. (2009), Eils et al. (2010), McGuine et al. (2011), McGuine et al. (2012) y Mohammadi (2007). Estos artículos se seleccionaron porque reunían estas características: inestabilidad de tobillo, entrenamiento de fuerza, propiocepción o equilibrio, recurrencia de lesiones de tobillo, entre otros, que más adelante se van a examinar a fondo distintos apartados.

Respecto a revisión sistemática McKeon et al., 2008, que originalmente habían incluido 11 estudios, pero al revisar las características de estos trabajos se seleccionó el siguiente: Verhagen et al. (2004). Estos otros trabajos van a comentarse más detalladamente a continuación.

## **Propiocepción: concepto e importancia como ejercicio terapéutico para prevenir lesiones de tobillo**

Etimología: adaptación del inglés *proprioception*, y este del latino *proprius* 'propio' y la terminología del inglés *perception* 'percepción' (Real Academia Española, 2014).

Definición: percepción inconsciente de los movimientos y posición del cuerpo, independientemente de la visión (Real Academia Española, 2014).

Como mencionan Gandevia et al. (1994, p.3), definen a la propiocepción como un componente regulatorio del equilibrio postural y la postura segmentaria (estabilidad articular), con implicación en la iniciación de varias sensaciones consientes periféricas (sensaciones musculares), mencionan que la propiocepción es el encargado de transmitir la información de la posición, de las partes corporales al organismo, regulando el rango articular de movimiento y la dirección, permitiendo que nuestro cuerpo pueda reaccionar ante los estímulos y respuestas reflejas.

La propiocepción se basa en poblaciones de neuronas mecanosensoriales distribuidas por todo el cuerpo, que se denominan colectivamente propioceptores. Los fisiólogos del siglo XIX, desconociendo la existencia de propioceptores especializados, debatieron el origen del “sentido muscular”, término atribuido a Charles Bell, el primero en distinguir los nervios motores de los sensoriales (Tuthill, 2018).

Las señales propioceptivas se transmiten al sistema nervioso central, donde se integran con información de otros sistemas sensoriales, como el sistema visual y el sistema vestibular, para crear una representación general de la posición, el movimiento y la aceleración del cuerpo. El movimiento y la posición del cuerpo se reflejan en la actividad de diversos tipos de neuronas sensoriales (Tuthill, 2018).

## IMPORTANCIA DEL ENTRENAMIENTO DEL SISTEMA PROPIOCEPTIVO

Además de constituir una fuente de información somatosensorial a la hora de mantener posiciones, realizar movimientos habituales o nuevos, cuando se produce una lesión articular, el sistema propioceptivo se deteriora causando un déficit en la información propioceptiva que le llega al sujeto. De esta forma, la persona es más propensa a sufrir otra lesión. Además, disminuye la coordinación en el ámbito deportivo (Tarantino, 2004).

Además, expresan que para tener un buen desarrollo de la capacidad motriz es elemental trabajar la propiocepción, porque el sistema propioceptivo es el encargado de mandar información aferente a la médula sobre los reflejos medulares y sobre el estado artrocinemático de una articulación; convirtiéndose en componente fundamental para el desarrollo de las habilidades motrices. El entrenamiento propioceptivo debe estar diseñado para poder responder ante situaciones que requieran respuestas del sistema neuromuscular, siendo individualizado en cuanto a las cargas reguladas según el deporte y las acciones que se desarrollen durante la práctica. Debido a que los movimientos generados durante el deporte comúnmente son rápidos y explosivos, el entrenamiento debe promover respuestas automáticas y protectoras para las cargas potencialmente desestabilizadoras, por lo tanto, el desarrollo de las actividades de entrenamiento debe proveer el aprendizaje de las acciones específicas del deporte en cuestión, obteniendo las adaptaciones necesarias para una práctica controlada (Prieto et al., 2019, p. 131).

El sistema propioceptivo puede entrenarse a través de ejercicios específicos para responder con mayor eficacia de forma que ayuda a mejorar la fuerza, coordinación, equilibrio, tiempo de reacción ante situaciones determinadas y, a compensar la pérdida de sensaciones ocasionada tras una lesión para evitar una reincidencia en la misma. Esta es uno de los mecanismos que intervienen en la estabilidad, en la cual intervienen también otros mecanismos somato-sensoriales como el tacto, la temperatura o el dolor. Entonces, lo que se conoce como *entrenamiento*

*propioceptivo*, se refiere a la búsqueda de la estabilidad articular en diferentes situaciones (Tarantino, 2014).

Se ha demostrado mediante distintos la eficacia de la aplicación de un *entrenamiento propioceptivo* en la disminución en la reincidencia de lesiones y en la prevención de éstas en deportistas (Tarantino, 2014).

Los componentes del entrenamiento propioceptivo para las extremidades inferiores implicadas en el fútbol con mayor influencia son: los ejercicios de equilibrio estático unipodal realizando una progresión a superficies menos firmes. Reducción de la visión mediante vendas o actividades de distracción durante los ejercicios de equilibrio. Entrenamiento dinámico como trote en superficies blandas, progresivamente avanzando a movimiento laterales (Prieto et al., 2019, p. 131).

Los programas de propiocepción se caracterizan por modificar o combinar una serie de variables, y proponer tareas progresivas en cuanto a la dificultad, los ejercicios deben ejecutarse de menor a mayor complejidad e inestabilidad. Este trabajo se puede realizar tanto sin material, mediante una serie de ejercicios en suelo, utilizando una serie de elementos que permitan realizar desequilibrios o posiciones inestables para el refuerzo muscular, como plataformas semicirculares, plataformas “core”, “fitball”, entre otros. Estos programas se deben realizar entre dos a tres veces por semana donde la frecuencia de estos entrenamientos puede ser adaptada en función de la orientación específica de la sesión, sin que ello produzca una pérdida de adaptaciones significativa. Las sesiones pueden variar entre los 15 a 45 minutos pueden estar constituidas por ejercicios con diferentes apoyos, apoyo bipodal (dos pies) o unipodal (un solo pie), donde este último genera un aumento de los niveles de dificultad para la ejecución, porque se disminuye de manera importante la base de sustentación, así mismo, los ejercicios pueden variar, sí, se realizan con retroalimentación visual o sin ella, es decir, con ojos abiertos o cerrados, donde los ejercicios con ojos cerrados generan una mayor dificultad dada la inhibición de dicha retroalimentación. Es importante destacar que los ejercicios de propiocepción pueden ser estáticos o dinámicos, siendo estos últimos fundamentales, debido a que permite vincular los elementos del deporte, así como, ejecutar los diversos

gestos deportivos de estos ejercicios son variados de acuerdo a la superficie, estos se pueden ejecutar bien sea en superficies estables o inestables. La propiocepción está relacionada con otras capacidades físicas como la fuerza, porque todo incremento de fuerza es el resultado de una estimulación neuromuscular (Prieto et al., 2019, p. 132).

A continuación, podemos observar en tabla 2 un resumen de estudios de propiocepción, donde mencionan que el entrenamiento de esta cualidad es parte realmente importante para prevenir las lesiones de tobillo. Generalmente incluye ejercicios como: tablas de equilibrio, tablas de inclinación, entre otros (Mohammadi, 2007, p. 922). En este sentido y que el entrenamiento propioceptivo ayuda a mejorar el equilibrio unilateral dinámico y estático, sin embargo, como menciona Grueva–Pancheva (2021), hay presencia de muchas dificultades para realizar el balance dinámico.

Además, como mencionan Hupperets et al. (2009), al realizar un análisis de regresión de Cox mostró significativamente menos esguinces de tobillo recurrentes en G. intervención que en el G. control. No se encontraron diferencias significativas entre atletas tratados en el grupo de intervención y grupo control médicamente tratados. Los atletas del grupo de intervención que no recibieron tratamiento médico tuvieron un riesgo significativamente menor de recurrencia que los controles que no recibieron tratamiento médico el uso de un entrenamiento propioceptivo después de que el cuidado habitual de un esguince de tobillo es eficaz para la prevención de recurrencias. Aquellos atletas que fueron médicamente tratados no presentaron diferencias significativas en la prevención de esguince de tobillo. Además, mencionan Hupperets et al., que posterior a la introducción de un programa de entrenamiento propioceptivo, las recurrencias de esguinces de tobillo se redujeron en 50% y más del 90% de los atletas previamente lesionados.

**Tabla 2***Revisión de estudios experimentales sobre efectos de entrenamientos de la propiocepción en la inestabilidad del tobillo*

Estudio	Muestra	Metodología	Resultados
Grueva-Pancheva (2021).	15 jóvenes con inestabilidad de tobillo por 6 meses o mas	8 semanas de entrenamiento propioceptivo y ejercicios para el sentido estático. Test Stork – ojos abierto y cerrado. Prueba de equilibrio Star Excursion y One Leg Hop.	La mayor diferencia entre el rendimiento de las piernas fue en la dirección Posterolateral ( $\alpha < 0,05$ ). La prueba de Leg Hop mostró una mejora en el tiempo de rendimiento utilizando el tramo inestable ( $4,53 \pm 0,79$ s) pero no lo suficiente para coincidir con el tiempo del tramo estable ( $3,59 \pm 0,48$ s).
Hupperets et al. (2009).	522 atletas	Tabla de balance Hoja de ejercicios propioceptivos DVD instructivo	Esguince de tobillo recurrente: 56 (22%) en el grupo de intervención y 89 (33%) en el grupo de control. Programa de intervención se asoció con una reducción del 35% en el riesgo de recurrencia.
Mohammadi (2007).	80 jugadores de fútbol	Programa propioceptivo Programa de fuerza Uso de ortesis	No hubo diferencias significativas entre los grupos en el número de exposiciones. Los hallazgos con respecto a los grupos de fuerza y ortesis en comparación con el grupo control no fueron significativos.

Sin embargo (ver tabla 2), en el estudio realizado por Mohammadi (2007), se muestra una incidencia de esguinces mucho menor en los grupos de entrenamiento de propiocepción (riesgo relativo de lesión: 0,13; intervalo de confianza del 95%: 0,003-0,93;  $p= 0,02$ ). Mientras que, el grupo que realizó un entrenamiento de fuerza y utilizaron ortesis en relación al grupo control no hubo ninguna diferencia significativa (riesgo relativo de lesión 0,5; intervalo de confianza del 95%: 0,11-1,87;  $p = 0,27$  para la fuerza; riesgo relativo de lesión 0,25; intervalo de confianza del 95%: 0,03-1,25;  $p= 0,06$  para el grupo de ortesis). Cabe destacar que en este

estudio el entrenamiento propioceptivo fue beneficioso en aquellos atletas con esguince medicamente no tratado (sin intervención terapéutica).

En síntesis, según los estudios revisados en la tabla 2, al momento de realizar el presente trabajo, se sabe que los deportistas que realicen entrenamientos de propiocepción tienen una incidencia mucho menor de reincidir nuevamente en una lesión de tobillo. Es importante señalar que esos beneficios fueron exclusivamente para aquellos sujetos que no recibieron tratamiento farmacológico, en los estudios previamente mencionados.

### **Equilibrio o Balance: concepto e importancia como ejercicio terapéutico para prevenir lesiones de tobillo**

Etimología: es de procedencia latina, bajo denominación 'aequilibrium'. Lo compone el vocablo 'aequus', que significa 'igualdad' y 'libra', que hace alusión a la balanza-. Cuando se dice que algo o alguien se halla en equilibrio perfecto, es porque se encuentra en pie y no cae a pesar de no tener una base que le sirva de sostén. Un ejemplo es cuando una persona se mantiene fija en su postura, bien sea en un sentido físico o psicológico (Tomado de: definiciona.com, 2016).

Definición:

Situación de un cuerpo que, a pesar de tener poca base de sustentación, se mantiene sin caerse (Real Academia Española, 2014).

Hay dos tipos de equilibrio, el equilibrio en reposo o capacidad para mantener una postura adecuada sin desplazarse y el equilibrio móvil o capacidad para mantener una postura adecuada sin estar totalmente en reposo. El Desarrollo del equilibrio sigue diversas fases y evoluciona paralelo al desarrollo psicomotor (Wolfe et al., 2012).

El sistema vestibular proporciona la base sensorial para la orientación espacial, que incluye la percepción de traslación, rotación e inclinación. El sistema vestibular

también hace contribuciones cruciales para el equilibrio, pero no proporciona los sentidos base para el equilibrio; la cinestesia sí (Wolfe et al., 2018).

La equilibriocepción o sentido del equilibrio es uno de los sentidos fisiológicos. Les permite a humanos y animales caminar sin caerse. El sentido del equilibrio es el que nos da lo que se llama conciencia espacial, y las fuentes o vías de información que nos transmiten los eventuales cambios en esta relación son la vista, el laberinto posterior y la sensibilidad propioceptiva en las articulaciones, músculos y la sensibilidad exteroceptiva táctil (Wolfe et al., 2012).

La vista informa de los movimientos de los objetos y de su situación relativa. La sensibilidad propioceptiva informa de los cambios de posición de la cabeza con respecto al resto del cuerpo y las plantas de los pies al contacto con el suelo, destacando el importante papel de la cabeza con respecto al resto del cuerpo. El laberinto posterior capta los desplazamientos espaciales de nuestro cuerpo (Wolfe et al., 2012).

El proceso fisiológico de mantenimiento del equilibrio depende de un arco reflejo muy complejo integrado por: receptores y vías aferentes (sistema visual, neurosensorial periférico y vestibulolaberíntico, núcleos motores y vías eferentes (vestibulares del tronco cerebral, cerebelosos y corteza cerebral) y efectores periféricos (sistema musculoesquelético). Se ha descrito, que los reflejos vestibulares, propioceptivos y sistemas visuales contribuyen a la estabilidad postural. Tanto el equilibrio estático como el dinámico se logran por la interacción de los receptores antes mencionados, además del sistema nervioso central y los arcos reflejos osteomusculares (Abreus et al., 2016).

### **Detección de movimiento angular, movimiento lineal e inclinación**

Estas tres energías de estimulación son detectadas por dos tipos de sensores vestibulares. Órganos: los canales semicirculares y los órganos otolitos. Además, el sistema vestibular contribuye al sentido del equilibrio, que se compone de muchos reflejos fundamentales y modalidades perceptivas. La amplitud de las contribuciones del sistema vestibular es bastante increíble. Cuando se combinan,

estos diversos roles perceptivos y reflexivos se denominan como nuestro sentido de equilibrio porque involucran un balance de influencias y/o o un equilibrio de fuerzas (Wolfe et al., 2018).

### **La Periférica vestibular**

Los órganos vestibulares son del tamaño de un guisante grande y se puede encontrar en el oído interno justo al lado de la cóclea. Ellos responden principalmente al movimiento de la cabeza, tanto lineal como angular, y a la inclinación de la cabeza con respecto a la gravedad. Cada oído interno tiene un laberinto vestibular y cada laberinto vestibular incluye cinco órganos sensoriales: tres canales semicirculares que detectan el movimiento de rotación y dos órganos otolitos que detectan la gravedad y la aceleración lineal (Wolfe et al., 2018).

### **Instrumentos de medición**

La valoración del equilibrio del cuerpo humano y de su estabilidad se ha realizado habitualmente mediante actividades simples (ej. bipedestación y marcha, principalmente), que son más fáciles de estandarizar y reproducir que las actividades complejas (ej. saltar, bailar, etc.). Ejemplo de lo anterior es que en algunas baterías de valoración de la condición física y la motricidad se incluyen tests de equilibrio estático como el “Equilibrio Flamingo” (Batería Eurofit o el “Test de Oseretsky” (Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency) donde se contabiliza el número de veces que se pierde el equilibrio respecto a la posición estática de bipedestación, para asignar una puntuación a esta cualidad. También existen otra serie de tests de equilibrio dinámico como el “Test de Ozeretski” (Batería de OzeretskiGuilmain), donde deben recorrerse 2 m en línea recta apoyando alternativamente el talón de un pie contra la punta del otro sin salirse de la línea (esta habilidad se supone que debería tenerla un niño a los 6 años); o el test de “Excursión en Estrella” (Star Excursion Balance Test), donde 8 líneas de 120 cm son colocadas en forma de estrella con angulaciones de 45° entre ellas, y partiendo el ejecutante desde el centro del círculo, debe llegar la mayor distancia posible en cada una de las direcciones, obteniendo una puntuación en función del sumatorio

de las mismas normalizado por su longitud de la pierna. Sin embargo, todos los tres primeros tests mencionados hacen referencia a la evaluación del “concepto absoluto de equilibrio”, valorando si el ejecutante se cae o no al realizar el test, pero no siendo capaces de diferenciar entre sujetos que no se caen, o sea, entre diferentes grados de estabilidad. Además, algunos de ellos son altamente dependientes de otras cualidades físicas como la fuerza o la flexibilidad (ej. equilibrio flamingo y excursión en estrella) y son difíciles de realizar porque conllevan un riesgo añadido para determinadas poblaciones especiales como los ancianos, las personas discapacitadas, etc. (ej. Oseretsky, flamingo y excursión en estrella), (García y Rodríguez 2016, p. 13 – 14).

La valoración de la estabilidad del equilibrio del cuerpo humano se ha realizado habitualmente mediante actividades de bipedestación y marcha. Los tests más simples y que requieren de menos material son aquellos que valoran el concepto de “equilibrio absoluto”, mientras que para valorar el “equilibrio relativo” es necesario realizar una estabilometría. En la misma, se registra el movimiento del centro de presiones en la base de sustentación. El centro de presiones es un concepto diferente al de centro de gravedad, aunque se trata de una respuesta a los movimientos del mismo (García y Rodríguez 2016, p. 14).

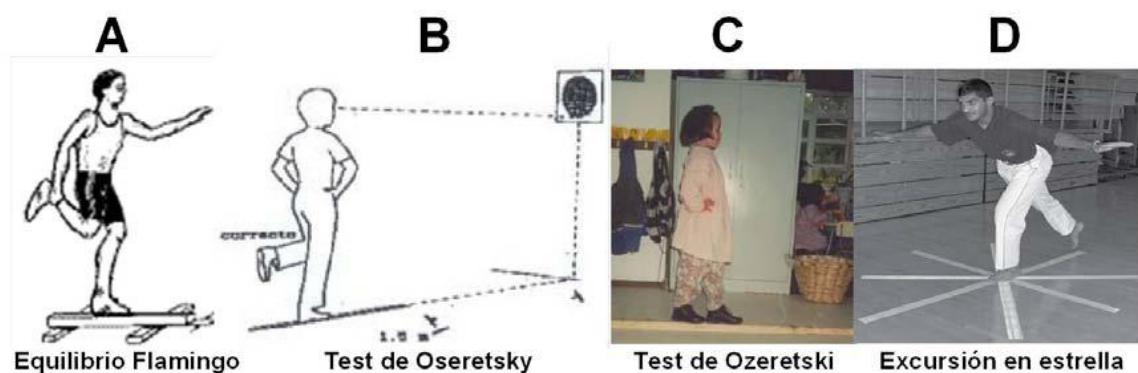


Figura 12. Tests de equilibrio estático (A y B) y dinámico (C y D) utilizados en diferentes baterías de valoración de la condición física y la motricidad.

Tomado de: García y Rodríguez (2016, p. 14).

Como mencionan García y Rodríguez (2016, p. 14), la valoración de la estabilidad del equilibrio del cuerpo humano se ha realizado mediante actividades de bipedestación y marcha. Los test más sencillos y que requieren de menos material son aquéllos que valoran el concepto de “equilibrio absoluto”, mientras que para valorar el “equilibrio relativo” es necesario realizar una estabilometría.

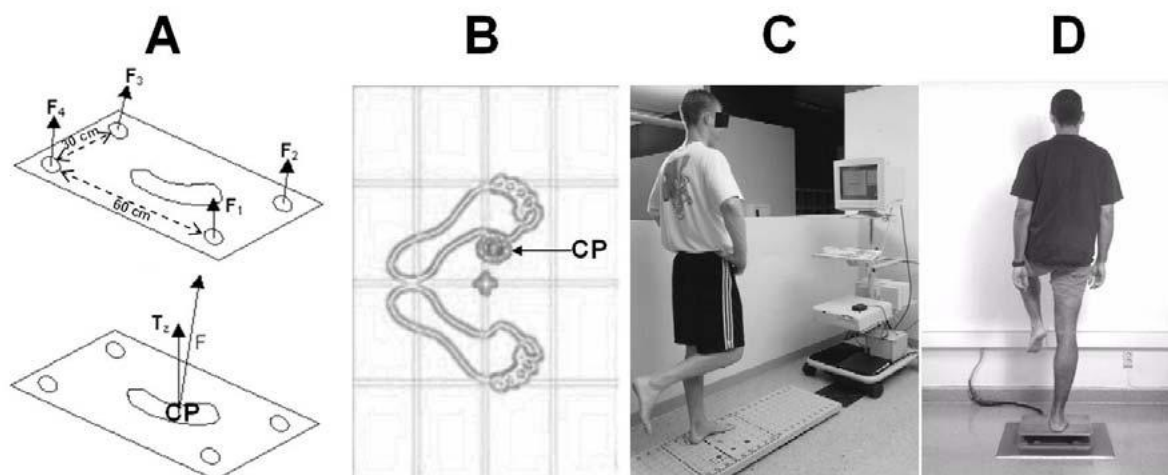


Figura 14. Obtención del CP mediante el registro de las fuerzas de reacción ( $F_z$ ) en una plataforma de fuerzas (A). Estandarización de la colocación de los pies en los tests de apoyo bipodal (B). Diferentes posibilidades de estandarización de los tests de apoyo monopodal: pierna libre y brazos (C y D).

Tomado de: García y Rodríguez (2016, p. 17).

Una estabilometría suele realizarse en apoyo monopodal o bipodal, en una posición estrictamente estandarizada y con una referencia visual a 0.5-2.0 m del sujeto. La familiarización del mismo con el protocolo es importante. Se registra el movimiento del centro de presiones durante 20-30 s a una frecuencia de 20-50 Hz, utilizando una serie de indicadores de la calidad de la estabilidad del equilibrio, que tienen que ver con el menor movimiento del centro de presiones: desplazamiento total, antero-posterior, medio-lateral, área barrida, velocidad, etc. (García y Rodríguez, 2016).

## **Balance**

Etimología: procede del francés «balance» con el mismo significado. Sin embargo, originalmente proviene del latín “Bilancia”; en seguida se adaptó al francés y luego al español, adquiriendo una connotación parecida al del término ‘balanza’, con la pretensión de referirse al equilibrio que existe entre algo que se coloca sobre dos platillos y posee dos sentidos distintos: primero, hace alusión a los cuerpos que presentan un movimiento oscilatorio entre un sitio y otro, participando de un balanceo que impide no caer. Segundo, aplica para las voluntades humanas que vacilan a la hora de actuar y manifiestan total indecisión (Tomado de: definiciona.com).

Definición: movimiento de un cuerpo hacia un lado y hacia el otro lado (Real Academia Española, 2014).

La capacidad de un objeto para equilibrarse en una situación estática está relacionada con la posición del centro de masa (también conocido como el centro de gravedad) y el área de la base de apoyo de ese objeto. Si la línea de gravedad de un objeto cae dentro de la base de apoyo de ese objeto entonces el objeto está balanceado (Pollock et al., 2000).

En algunos casos, la palabra balance se usaba como sustantivo, para referirse a un estado de equilibrio, o al estado opuesto de desequilibrio. En la mayoría de los casos, el estado del equilibrio se asoció con problemas físicos o psicológicos. salud: cuanto más equilibrado, más probable era estar sano. De hecho, en algunos casos, la gente vio el estado de equilibrio como definición de salud. Esto era particularmente común en las poblaciones no occidentales, para quienes la salud se definió como el equilibrio entre los dominios físicos, espirituales, cognitivos, emocionales y/o sociales de la vida (Lipworth, et al., 2011).

El balance se define como la habilidad de mantener verticalmente el centro de gravedad del cuerpo sobre la base de soporte, por tanto, el mantenimiento de una postura estática requiere vencer o resistir la fuerza de gravedad y a esto se le llama balance estático; a las respuestas a estímulos activos tanto internos como externos

se le conoce como balance dinámico. Cabe resaltar que el balance requiere la integridad de los sistemas vestibular, somatosensorial, visual y neuromuscular para la activación de respuesta del mecanismo central de control postural (Sánchez y Ordoñez, 2020, p. 277).

El control postural es regulado fisiológicamente por múltiples estructuras del sistema nervioso central; sin embargo, los centros principales son la corteza motora, el lóbulo parietal derecho, el tronco encefálico, los núcleos de la base y el cerebelo quienes son los que se encargan de recibir y modular la información que llega desde el entorno y organizar la respuesta motora (Sánchez y Ordoñez, 2020, p. 278).

Corteza: representación corporal y elaboración de respuesta motora.

Núcleos de la base y tronco encefálico: centros reguladores de los ajustes posturales (alimentación y retroalimentación).

Cerebelo: regulación del movimiento a nivel de sinergias musculares (aprendizaje del movimiento).

En este sentido los elementos sensoriales que obedecen a la información percibida por los sistemas visual, vestibular y sensitivo, la interacción sensorial entre cada uno de los sistemas en donde se dan compensaciones en caso de falla de alguno y las estrategias musculoesqueléticas se convierten en los principales elementos del balance (Sánchez y Ordoñez, 2020, p. 278).

### **Algunas pruebas para evaluar el balance**

Test de Romberg progresivo: Debe ser aplicada en cualquier exploración neurológica, pero sobre todo en pacientes que manifiestan síntomas como mareo, pérdida del equilibrio, torpeza y caídas frecuentes. Se utiliza para valorar la integridad de la vía propioceptiva en nervios periféricos y funículos posteriores de la médula espinal. Para llevar a cabo este test se solicita al usuario que permanezca de pie con los brazos al lado del cuerpo durante diez segundos con los ojos abiertos (se registra cualquier desbalance), después se pide que cierre los ojos y en la misma posición se toman otros diez segundos. Se observa estabilidad y se compara con la prueba de ojos abiertos. Se evalúa el grado de oscilación, la dirección de las

caderas, las rodillas y en general el cuerpo entero. La prueba es positiva si aparece desbalance o si las oscilaciones empeoran con los ojos cerrados (Sánchez y Ordoñez, 2020, p. 279).

Apoyo monopodal: sujeto en posición bípeda se le solicita que levante un pie del suelo y se mantenga, se toma el tiempo que el usuario sea capaz de mantener la posición. Es una prueba que permite predecir caídas. El mantenimiento de la posición mayor a cinco segundos es normal (Sánchez y Ordoñez, 2020, p. 280).

Test de alcance funcional: Esta prueba se usa para evaluar el equilibrio y el movimiento funcional midiendo la distancia máxima que una persona puede alcanzar hacia adelante estando de pie en una posición fija. Durante esta prueba se debe colocar una cinta métrica en la pared al nivel del hombro del sujeto. Este debe estar en postura bípeda y se le solicita que realice un alcance anterior con su brazo extendido (brazo más próximo a la pared) sin perder la posición inicial ni desplazar sus pies en el suelo. Se permiten hasta cinco intentos. Se mide la distancia en centímetros que el usuario puede alcanzar y se promedian los tres intentos. Este test mide el riesgo de caídas cuando es menor de 10 cm (Sánchez y Ordoñez, 2020, p. 281).

Escala de equilibrio de Berg: Esta escala fue desarrollada en 1989 como una medida cuantitativa del estado funcional del equilibrio en adultos mayores, su validez y confiabilidad también han sido demostradas en pacientes con afectaciones neurológicas de tipo hemiplejía. Esta prueba está compuesta por 14 ítems que permiten valorar transiciones de sedente a bípedo, mantenimiento de la bipedestación con los ojos cerrados y los pies juntos, apoyo unipodal, posición en tándem, alcance alto y recoger un objeto del suelo. Su puntuación va de 0-4 alcanzando un máximo de 56 puntos; una calificación menor de 46 puntos indica alteraciones en el equilibrio. Los resultados pueden expresarse de la siguiente manera: • 0-20: alto riesgo de caída • 21-40: moderado riesgo de caída • 41-56: leve riesgo de caída (Sánchez y Ordoñez, 2020, p. 283).

Test de Tinetti: Este test hace parte de las medidas basadas en la ejecución y evalúa la movilidad del adulto mayor a partir de dos dominios: equilibrio y marcha, lo que la

pone en ventaja con referencia a otras escalas, ya que estos dos componentes permiten una amplia información para detectar riesgo de caídas, detectar déficit en la marcha y/o en el equilibrio y con ello, valorar posibles trastornos neurológicos o musculoesqueléticos. La escala se compone de 16 ítems en total (9 corresponden a equilibrio y 7 a marcha). Requiere entrenamiento y tarda de 10 a 20 minutos su aplicación. Alcanza un puntaje máximo de 28 puntos y el punto de corte para riesgo de caída es de 20 puntos. Las calificaciones van de 0 a 2, siendo 0 que la persona no logra o no mantiene la estabilidad en los cambios de posición o tiene un patrón de marcha inapropiado, 1 logra los cambios de posición o patrones de marcha con compensaciones posturales y 2 es aquella persona sin dificultades para ejecutar las diferentes tareas de la escala. El resultado total es la sumatoria de marcha (12 puntos) y equilibrio (16 puntos) para un total de 28 puntos. Para determinar entonces el riesgo de caída los puntajes totales se interpretan de la siguiente manera: • 19-24: riesgo mínimo de caída • < 19: riesgo alto de caídas, (Sánchez y Ordoñez, 2020, p. 284).

### **Síntesis general de las diferencias entre balance y equilibrio**

En conclusión, el equilibrio es una condición donde hay diversas fuerzas que compiten entre sí donde no haya cambio neto. Además, el equilibrio se puede entender como el estado en el cual la resultante de todas las fuerzas es 0. Mientras, que el balance son acciones para lograr el equilibrio o para lograr esta capacidad de sostener el equilibrio.

Sin embargo, como mencionan los estudios previos los test utilizados para medir balance o equilibrio resultan ser en algunos casos los mismos y en otros son similares como el test monopodal, entre otros.

Muchos autores indican que la palabra "balance" o "equilibrio" resultan ser sinónimos, como mencionan en el estudio de McGuine y Kenee (2006), al referirse a balance o equilibrio para nombrar la misma variable.

El equilibrio postural es una parte importante de muchas tareas diarias funcionales. Ha sido clasificado como estático o dinámico. El equilibrio postural estático se

denomina estar de pie con un balanceo mínimo y sin ningún otro cuerpo en movimiento, mientras que el equilibrio dinámico se define como la capacidad de mantener el equilibrio postural al igual que otras partes del cuerpo en movimiento (Grueva-Pancheva, 2021, p. 4). De acuerdo a la tabla 3 y como mencionan McGuine y Kenee (2006), un programa de entrenamiento del equilibrio reducirá significativamente el riesgo de esguinces de tobillo en jugadores de fútbol y baloncesto de la escuela secundaria.

**Tabla 3**

*Revisión de estudios experimentales sobre efectos de entrenamientos de equilibrio en la inestabilidad del tobillo*

Estudio	Muestra	Metodología	Resultados
McGuine y Kenee, (2006).	765 jugadores de fútbol y baloncesto de secundaria asignados en 2 grupos	G. intervención participó en un programa entrenamiento de equilibrio. G. control: ejercicios de acondicionamiento estándar.	La tasa de esguinces de tobillo fue significativamente menor para los sujetos del grupo de intervención
Emery et al. (2007).	920 jugadores de baloncesto de secundaria	Sujetos asignados aleatoriamente, grupo control (n = 426) y grupo de entrenamiento (n = 494). Ambos grupos realizaron calentamiento estandarizado. El grupo de formación se enseñó un programa de equilibrio en el hogar usando una tabla oscilante.	Un programa de entrenamiento de equilibrio específico para el baloncesto fue protector de lesiones de inicio agudo en el baloncesto de la escuela secundaria. El cumplimiento del programa de capacitación en el hogar previsto fue deficiente (298/494 o 60,3%)
McGuine et al. (2011).	1460 jugadores de baloncesto masculinos y femeninos, aleatorizados en grupo de apoyo y grupo control	Los jugadores del grupo con refuerzo usaron tobilleras con cordones. Gravedad de la lesión se probó con la prueba de suma de rangos de Wilcoxon.	La tasa de lesión aguda de tobillo (por 1000 exposiciones) fue de 0,47 en el grupo de aparatos ortopédicos y de 1,41 en el grupo de control (Cox índice de riesgo [HR] 0,32; Intervalo de confianza del 95% [IC] 0,20, 0,52; $p < 0,001$ ).
McGuine et al. (2012).	2081 jugadores de fútbol, asignados aleatoriamente a grupo con refuerzo ortopédico o grupo control	Los jugadores del grupo con refuerzo usaron tobilleras con cordones. Modelos de riesgos proporcionales de Cox, se utilizaron para comparar el tiempo hasta la primera lesión aguda de tobillo entre los grupos.	La tasa de lesión aguda de tobillo (por 1000 exposiciones) fue de 0,48 en el grupo de aparatos ortopédicos en comparación con 1,12 en el grupo de control (cociente de riesgo de Cox [HR] = 0,39; intervalo de confianza [IC] del 95%, 0,24-0,65; $p < 0,001$ ).

Como se menciona en el estudio de McGuine y Kenney (2006), en la tabla 3, la tasa de esguinces de tobillo fue significativamente menor en el grupo de intervención (6,1%, 1,13 de 1000 exposiciones vs 9,9%, 1,87 de 1000 exposiciones;  $p= 0,04$ ). También se habla de la tasa de esguince de tobillo, que para los atletas sin esguinces previos fue del 4,3% en el grupo de intervención y del 7,7% en el grupo control, pero esta diferencia no fue estadísticamente significativa ( $p= 0,059$ ).

En el estudio realizado por Emery et al. (2007), se desarrolló un programa de entrenamiento de equilibrio específico para el baloncesto, eficaz para reducir las lesiones de inicio agudo en el baloncesto colegial [RR = 0,71 (IC del 95%; 0,5-0,99)]. Pero con respecto a las lesiones en general [RR = 0,8 (IC del 95%; 0,57-1,11)], lesión de la extremidad inferior [RR = 0,83 (IC del 95%; 0,57-1,19)] y lesión por esguince de tobillo [RR = 0,71 (IC del 95%; 0,45-1,13)], no se encontró evidencia de efecto protector del ejercicio, dado que con 95% de confianza, el riesgo relativo de lesionarse podía ser igual o superior a 1, lo cual indica no asociación o mayor frecuencia de lesión, respectivamente (Dishman et al., 2022). Además, se encontró una tendencia clínicamente relevante con respecto a la reducción de todas las lesiones por esguince de tobillo, extremidades inferiores. Investigaciones futuras deben incluir un mayor desarrollo de estrategias de prevención neuromuscular, además, una mayor evaluación de los métodos para aumentar cumplimiento de un programa de formación en prevención de lesiones en adolescentes.

Como mencionan McGuine et al. (2011), el uso de tobilleras con cordones redujo la incidencia, pero no la gravedad de las lesiones agudas de tobillo en hombres y mujeres atletas de baloncesto de secundaria con y sin antecedentes de lesión de tobillo. La gravedad media de las lesiones agudas de tobillo fue similar ( $p= 0,23$ ) en el grupo de aparatos ortopédicos (6 días) y control (7 días). Para los jugadores con una lesión previa en el tobillo, la incidencia de lesión fue de 0,83 en el grupo de aparatos ortopédicos y de 1,79 en el grupo de control (IC del 95%: 0,17 a 0,90;  $p = 0,028$ ). Para los jugadores que no lo hicieron reportar una lesión de tobillo previa, la

incidencia de lesión de tobillo aguda fue de 0.40 en el grupo con ortésis y de 1.35 en el grupo de control (IC del 95%: 0,17; 0,52;  $p < 0,001$ ).

En el estudio de McGuine et al. (2012), reportan que los jugadores que usaron tobilleras con cordones tuvieron una menor incidencia de lesiones agudas de tobillo, pero ninguna diferencia en la incidencia de lesiones agudas de rodilla u otras extremidades inferiores. Los aparatos ortopédicos no redujeron la gravedad de las lesiones de tobillo, rodilla u otras lesiones de las extremidades inferiores. La gravedad de las lesiones de tobillo fueron las mismas (5 días) en ambos grupos ( $p = 0,985$ ). La tasa de lesión aguda de rodilla fue de 0,70 en el grupo con ortésis comparado con 0,69 en el grupo de control (IC del 95%, 0,57-1,47;  $p = 0,721$ ). No hubo diferencia ( $p = 0,242$ ) en la gravedad de lesiones de rodilla entre los grupos (controles = 11,5 días, con ortésis = 17 días). La tasa de otras lesiones de las extremidades inferiores fue de 0,95 en el grupo de aparatos ortopédicos y 1,32 en el grupo de control (IC del 95%, 0,48-1,09;  $p = 0,117$ ), mientras que la gravedad fue similar en ambos grupos ( $p = 0,295$ ).

En síntesis, se sabe que el realizar un programa de ejercicio de equilibrio ayuda a reducir las lesiones agudas de tobillo. Además, se menciona que el uso de tobilleras con cordones reduce la incidencia, pero no gravedad de las lesiones agudas de tobillo. Hace falta mayor investigación sobre estrategias de prevención neuromuscular, así como métodos en formación de cumplimiento de programas para la prevención de lesiones.

## **Fuerza: concepto e importancia como ejercicio terapéutico para prevenir lesiones de tobillo**

El entrenamiento de fuerza es importante en la rehabilitación de personas con FAI. Se han desarrollado varios protocolos para la rehabilitación, posterior a los esguinces de tobillo agudos y recurrentes, enfatizando el manejo del dolor, inflamación, rango de movimiento, entrenamiento de fuerza y propioceptivo (Smith et al., 2012, p. 282).

Como menciona Smith et al. (2012, p. 282), en el entrenamiento de fuerza, los ejercicios se utilizan para aumentar el desarrollo muscular y mejorar el control neuromuscular. Algunos investigadores demostraron un aumento de la actividad sensorial después de la contracción muscular. Ganancias de fuerza durante las primeras 3 a 5 semanas de entrenamiento de fuerza son principalmente debido a factores neuronales. El entrenamiento de fuerza también ha se ha informado que influye en el reclutamiento de unidades motoras, activación de los músculos agonistas y antagonistas; y a la coactivación de sus unidades motoras (Smith et al., 2012, p. 282).

Se ha identificado un déficit en el sentido de la fuerza en sujetos con FAI. El sentido de la fuerza es un sentido propioceptivo consciente que mide la capacidad para detectar la tensión muscular y puede ser particularmente importante en pacientes con inestabilidad del tobillo (Smith et al., 2012, p. 283). Como se observa en la tabla 4, el estudio de Smith et al. (2012), reporta incrementos en la inversión ( $p < 0,01$ ) y eversión ( $p < 0,01$ ), además, de incrementos de fuerza en el grupo de entrenamiento en post - test en comparación con el grupo de control. Sin embargo, no hubo diferencias significativas en el sentido de la fuerza para cualquier grupo.

Además, se muestran los puntajes obtenidos en el grupo de entrenamiento y grupo control de cada prueba. El grupo de entrenamiento obtuvo un aumento de fuerza en abducción de la cadera ( $p < 0,01$ ); aumento de fuerza en la rotación externa de la cadera ( $p < 0,01$ ). En la Prueba de equilibrio Star Excursion se encontró una interacción estadísticamente significativa por grupo para el alcance en la zona

anterior ( $p < 0,01$ ), a nivel posteromedial ( $p < 0,01$ ) y en direcciones posterolaterales ( $p < 0,01$ ). Errores totales del sistema de puntuación: se encontró una interacción estadísticamente significativa para la prueba por grupo ( $p < 0,01$ ); sólo los sujetos del grupo de entrenamiento tuvieron significativamente menos errores en pre test que en post test [ $p < 0,01$ ], (Smith et al., 2018).

**Tabla 4**

*Revisión de estudios experimentales sobre efectos de entrenamientos de la fuerza en la inestabilidad del tobillo*

Estudio	Muestra	Metodología	Resultados
Smith et.al, (2012).	40 sujetos con inestabilidad funcional del tobillo.	Todos los participantes realizaron pre-test de inversión y fuerza de eversión y sentido de fuerza a 2 cargas. El grupo de entrenamiento realizó con Thera-Band y protocolo de entrenamiento. El grupo de control no participó en ningún tipo de rehabilitación de tobillo.	Incrementos en la inversión y eversión. No se observaron mejoras significativas en la reproducción del sentido de la fuerza para cualquier grupo.
Smith et. al, (2018).	26 sujetos con inestabilidad crónica de tobillo (CAI).	Los participantes completaron 4 semanas de fortalecimiento supervisado de la cadera o ninguna intervención. Los participantes fueron evaluados en 4 medidas clínicas (Prueba de equilibrio de excursión en estrella en la región anterior, posteromedial, y direcciones posterolaterales; Sistema de puntuación de errores de equilibrio; fuerza de rotación externa de la cadera; y fuerza de abducción de cadera) y una medida informada por el paciente (actividades de la vida diaria y las subescalas deportivas de la medida de la capacidad del pie y el tobillo	El grupo de entrenamiento mostró medidas post - test significativamente mejoradas en comparación con el grupo de control para la fuerza en abducción de la cadera, rotación externa de la cadera. Además, la Prueba de equilibrio Star Excursion alcance en la zona anterior, posteromedial y direcciones posterolaterales. Errores totales del sistema de puntuación de errores de equilibrio y el puntaje deportivo de la Medida de capacidad del pie y el tobillo; donde los puntajes siempre fueron mayores en los grupos de entrenamiento que en el grupo control.

En síntesis (tabla 4) se sabe que el entrenamiento de la fuerza mejora la inestabilidad de tobillo y que, al trabajar el fortalecimiento de cadera, esto resulta beneficioso para la prevención de síntomas de la inestabilidad de tobillo.

### Tabla 5

*Reporte de incidencia o recurrencia de lesión de tobillo durante la práctica de ejercicio terapéutico*

Estudio	Sujetos lesionados durante intervención	RR (IC 95%)	Incidencia global por 1000 horas de práctica deportiva	Análisis de regresión de Cox
Grueva-Pancheva (2021).	Sujetos lesionaron previo al estudio	No reporta		
Hupperets et al. (2009).	Presentaron esguince 2 meses anteriores.	IC Intervención (1.37 – 2.34) IC Control (2.30 – 3.50)	1.86 en G. Intervención 2.90 en G. Control	RR: 0,63 IC (0,45 – 0,88)
Mohammadi (2007).	Sujetos con esguince de tobillo previo	Para propiocepción RR: 0,13 IC: 95% (0,003 – 0,93) Para fuerza RR: 0,5 IC: 95% (0,111 – 1,87) Para ortesis RR: 0,25 IC:95% (0,03 – 1,25)		

*Continúa en página 31.*

Continuación de la tabla # 5. Viene de la página 30

Estudio	Sujetos lesionados durante intervención	RR (IC 95%)	Incidencia global por 1000 horas de práctica deportiva	Análisis de regresión de Cox
McGuine y Kenee, (2006).	8,1% (72 sujetos) sufrieron esguince durante la temporada	Para el grupo experimental Riesgo de lesión de tobillo: 62,0%, IC 95% G. Control Riesgo de lesión de tobillo: 38,8 % - 101, 7%	Riesgo de sufrir un esguince de tobillo: Tasa de riesgo: 2,4 IC 95% (1,25 – 3,65), para sujetos que habían sufrido esguince 12 meses antes Tasa de riesgo: 0,56 IC: 95% (0,33 – 0,95) para los que recibieron programa de intervención.	
Emery et al. (2007).	No hubo reportes de lesiones de tobillo durante la intervención	G. Control RR: 1 G. Exp RR: 0,71 IC: 95% (0,45 – 1,13)	G. Control RR: 2,46 IC:95% (1,97 – 3,04) G. Exp RR: 1,57 IC: 95% (1,21 – 2,02)	
McGuine et al. (2011).	80 (54,1%) lesiones agudas de tobillo para el grupo control y 27 (23,1%) para el grupo que uso tobillera.	Incidencia global menor en grupo ortopédico: 0,47 IC: 95% (0,30 – 0,74). En el G. Control: 1,41 IC: 95% (1,05 – 1,89) Esguince de tobillo sin lesión previa de esguince G. Control RR: 1,35 IC: 95% (1,00 – 1,81) G. Tobillera RR: 0,40 IC: 95% (0,23 – 0,70) Esguince de tobillo con lesión previa G. Control RR: 1,79 IC: 95% (0,98 – 3,27) G. Tobillera RR: 0,83 IC: 95% (0,37 – 0,84)	Una tasa de 0,47 en grupo con tobillera y 1,41 para grupo control por 1000 exposiciones	

Continúa en página 32.

Continuación de la tabla # 5. Viene de la página 31

Estudio	Sujetos lesionados durante intervención	RR (IC 95%)	Incidencia global por 1000 horas de práctica deportiva	Análisis de regresión de Cox
McGuine et al. (2012).	68 lesiones para grupo control y 27 para G. con tobillera	<p>Esguince de tobillo sin lesión previa de esguince</p> <p>G. Control RR: 1,12 IC: 95% (0,83 – 1,52)</p> <p>G. Tobillera RR: 0,48 IC: 95% (0,28 – 0,84)</p> <p>Esguince de tobillo con lesión previa</p> <p>G. Control RR: 0,91 IC: 95% (0,64 – 1,28)</p> <p>G. Tobillera RR: 0,40 IC: 95% (0,20 – 0,81)</p>	Una tasa general de 0,77 lesiones/1000 exposiciones	
Smith et.al, (2012).	Sujetos con historia de inestabilidad de tobillo	<p>Fuerza en inversión (newton)</p> <p>G. entrenamiento Pretest: 80.1 Post test: 100.2</p> <p>G. control Pre test: 75.9 Post test: 72.9</p> <p>Fuerza en eversión (N)</p> <p>G. Entrenamiento Pretest: 92.4 Post test: 142.9</p> <p>G. Control Pre test: 97.5 Post test: 104,4</p>	Smith et.al, (2012).	

Continúa en página 33.

Continuación de la tabla # 5. Viene de la página 32

Estudio	Sujetos lesionados durante intervención	RR (IC 95%)	Incidencia global por 1000 horas de práctica deportiva	Análisis de regresión de Cox
Smith et.al, (2018).	Sujetos con historia de inestabilidad crónica de tobillo	Tamaño de efecto Fuerza (Newton) Abd cadera G. Entrenamiento T.E: 1 IC (0.2 – 1.9) G. Control TE: 0.1 IC (-0.8 – 0.8)  Rotación externa de cadera G. Entrenamiento TE: 1 IC (0.2 – 0.8) G. Control TE: 0.1 IC: (-0.7 – 0.8)	Smith et.al, (2018).	

De acuerdo con lo que se observa en la tabla 5, de los 9 estudios reportados en 8 de ellos se reportó el riesgo relativo de lesión.

Solamente en el estudio de Grueva-Pancheva (2021), reportan en el texto de modo general, pero no presentaron datos de riesgo relativo de lesión. En términos generales la práctica del ejercicio físico, ya sea de fuerza, propiocepción o balance parece ser seguro ya que no se observa que haya un incremento importante del riesgo relativo de lesión de acuerdo a lo que se reporta en los estudios.

Se ha notado en la revisión de estudios previos, que hace falta reportar una estadística más exacta sobre el porcentaje de lesiones antes, durante y después del tratamiento en cada grupo a evaluar, de esta manera sería más confiable determinar si la incidencia se debe al tratamiento o a otra condición.

A continuación, se resumen las variables independientes y las variables dependientes de estudios metaanalizables (Bellows et al., 2018) que se derivan de

las revisiones sistemáticas previas (McKeon et al., 2008), más otros estudios que se ha encontrado y que no se han sistematizado previamente.

Además, se mostrarán estudios que se incluirán más adelante en el meta análisis piloto que se realizará con fines de anticipación de factores que se requiera controlar previo a realizar el metaanálisis definitivo, en el cual se incluirán algunos otros estudios que se pueda localizar hasta la fecha de cierre de este proceso.

## Tabla 6

*Resumen de las variables independientes y dependientes medidas en cada estudio.  
Listado de estudios meta analizados*

Estudio	Variables independientes	Variable Dependiente medida (pre – post)
Grueva-Pancheva (2021).	Intervenciones: ejercicio de balance, ejercicios de equilibrio, ejercicios sentidos de posición articular estática, sentido de movimiento	Propiocepción (s)
Mohammadi (2007).	Intervenciones: ejercicios de propiocepción, ejercicios de fuerza, uso de ortesis	Propiocepción (s)
Lee et al. (2013).	Intervenciones: ejercicios de rehabilitación de tobillo, ortesis de pie, ejercicios de balance, ejercicios de control neuromuscular, ejercicios pliométricos, ejercicios de agilidad	Propiocepción (°)
Eils y Rosenbaum (2001)	Intervenciones: ejercicios de propiocepción, ejercicios de entrenamiento para tobillo (plataforma de balanceo, discos para tobillo, entre otros)	Propiocepción (°)
McGuine y Kenee, (2006).	Intervenciones: ejercicios de entrenamiento de balance, apoyo en 1 pierna ojos abiertos, apoyo en una pierna haciendo dribling, apoyo 2 piernas en disco ojos abiertos	Balance (s)
Kim y Heo (2019).	Intervenciones: programas de balance y fuerza	Balance (°)

*Continúa en página 35.*

Continuación de la tabla # 6. Viene de la página 34

Estudio	VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIABLE DEPENDIENTE
Anguish y Sandrey (2018).	Intervenciones: entrenamiento de balance, ejercicios salto en 1 pierna	Variable Dependiente medida (pre – post) Balance (%)
Burcal et al. (2017).	Intervención: entrenamiento de balance con STARS	Balance (cm)
De Ridder et al. (2015)	Intervención: entrenamiento de balance Otras VI: medidas antropométricas, índice de discapacidad de pie y tobillo y subescala deportiva, escalas analógicas visuales	Balance (mm)
Cain et al. (2020)	Intervención: Programas de rehabilitación de tobillo Otras VI: prueba de tiempo en equilibrio, prueba de levantamiento del pie, prueba de salto en forma de 8	Balance (seg)
Powden et al. (2019)	Intervenciones: Programa de rehabilitación con ejercicios de balance, de fuerza y movilizaciones articulares del tobillo	Balance (%)
Sierra-Guzmán et al. (2018)	Intervención: entrenamiento de balance unilateral Otras VI: composición corporal	Balance (cm)
Cain et al. (2017)	Intervenciones: programa de rehabilitación progresivo (plataforma)	Fuerza (cm)
Kim y Jeon (2016)	Intervención: entrenamiento con ejercicios de fuerza. Otros VI: entrenamiento en banda, entrenamiento con peso, ejercicios pliométricos, ejercicios para mejorar coordinación, propiocepción	Fuerza (cm)
Smith et.al, (2012).	Aumento de fuerza en sujetos con FAI	Fuerza (°)
Smith et.al, (2018).	Fuerza de cadera	Fuerza (N)

VI: Variable independiente, s: segundos, °: grados, mm: milímetros, cm: centímetros, %: porcentaje, N: newtons

## **Justificación**

La literatura científica sobre este tema, ha sido poco sistematizada previamente, quedando varios aspectos controversiales que justifican la realización del presente estudio meta analítico. Como antecedentes, solo se encontró una revisión sistemática sin metaanálisis (Mc Keon et al., 2008) y otra con metaanálisis (Bellows y Wong, 2018).

En el meta análisis de Bellows y Wong (2018), se meta analizaron ocho estudios, con una muestra de 7195 atletas, deportistas de equipos de voleibol, baloncesto, fútbol u otro deporte, que podían reportar o no esguince de tobillo. En estos estudios se aplicaban dos tipos de tratamiento: con uso de tobilleras y otro con entrenamiento de balance. Como resultado, se obtuvo que el uso de tobilleras podría disminuir el riesgo de reincidencia de esguinces de tobillo.

En la revisión sistemática de Mc Keon et al. (2008), se encontraron 11 estudios, donde se utilizó de muestra 116 equipos de voleibol, cuyas características fueran reportar inestabilidad de tobillo o esguince. Y como resultado se obtuvo que el uso del programa de tabla de equilibrio propioceptivo es eficaz para la prevención de las recurrencias de esguince de tobillo. Vale aclarar que la tabla de equilibrio propioceptivo consiste en...

### ***Tras revisar literatura científica adecuada***

Con las conclusiones a las cuales se llegó a partir de la revisión de evidencia científica disponible hasta la actualidad, se sabe que:

- En estudios experimentales:
  - La **realidad virtual** es eficaz en la inestabilidad de tobillo, ya que resulta más efectivo ejercicios de (RV) en dirección general (estática) y dirección medio-lateral (dinámico), que realizar ejercicio convencional.
  - Aumento de **fuerza** mejora inestabilidad de tobillo.
  - **Fortalecimiento** de cadera es beneficioso para la prevención de síntomas de inestabilidad de tobillo.

- Entrenamiento **propioceptivo** mejora el equilibrio unilateral estático y dinámico en personas con inestabilidad de tobillo.
  - **Equilibrio progresivo de hoptoestabilización o equilibrio en una sola pierna** por 4 semanas tiene efectos positivos similares para personas con inestabilidad crónica de tobillo.
  - Estadísticamente no es más efectivo un entrenamiento de equilibrio que un entrenamiento con STARS.
- En estudios meta analíticos con revisión sistemática:
- Programas de entrenamientos de **equilibrio** disminuyen significativamente el riesgo de esguinces de tobillo en fútbol y baloncesto.
  - Programa de entrenamiento de **equilibrio** ayuda a reducir lesiones de inicio agudo en baloncesto.
  - Programa **propioceptivo** ayuda a prevenir esguinces de tobillo.
  - Uso de **tobilleras** con cordón disminuye la incidencia en lesiones agudas de tobillo, tanto en jugadores de futbol como baloncesto.
- En estudios meta analíticos con revisión sistemática:
- Tabla de equilibrio ayuda a disminuir la recurrencia de esguinces de tobillo.

Por otro lado, con las conclusiones a las cuales se llegó a partir de la revisión de literatura realizada, no se sabe:

- Que exista información referente al entrenamiento para el **sentido o dirección de la fuerza** para la inestabilidad de tobillo (relacionado a la fuerza ejercida por el tobillo al movimiento de inversión y eversión).
- Si un entrenamiento de balance progresivo (BTS) puede ser más eficaz para mejorar la discapacidad con inestabilidad crónica de tobillo que un entrenamiento de equilibrio de forma aislada.

- Si las estrategias de prevención **neuromuscular** ayudan a prevenir lesiones de tobillo.
- Si el uso de **fuerza y ortesis** sirven para la prevención de esguince de tobillo.
- Cómo reducir la gravedad de lesiones agudas del tobillo.

## PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS Y DEFINICIÓN DE VARIABLES

### Objetivo general

Examinar el efecto de diferentes tipos de ejercicio sobre el equilibrio, la propiocepción y la fuerza, en deportistas con inestabilidad del tobillo, bajo la metodología de revisión sistemática y meta análisis.

### Definición de las variables

Las variables que se analizarán para evidenciar el efecto de distintos tipos de ejercicio sobre equilibrio, propiocepción y fuerza se detallan en las tablas 5 y 6.

### Tabla 7

#### *Variables dependientes*

Variable	Instrumentos de medición	Definición operacional
Propiocepción	Tabla de balance. Ejercicios para el sentido de la posición articular estática, sentido del movimiento, ejercicios de equilibrio y habilidades pliométricas. Prueba Star Excursion Balance, Prueba de Stork, Prueba One Leg Hop. Máquina CYBEX 770 System (posición del sentido de movimiento, ojos cerrados y tapones). Instrumento sentido de posición conjunta, balanceo postural (en plataforma).	Segundos, grados
Fuerza	Equipo para realizar contracción isométrica a la inversión y eversión de tobillo. Instrumento Airex Balance Pad, test Y Balance, equipo Humac Norm Testing y Rehabilitation System	Newtons, centímetros
Equilibrio	Tabla de balance inestable. Entrenamiento de balance con STARS, medida de habilidad de pie y tobillo (FAAM), actividades de la vida diaria, plataforma de sistema biomecánico de tobillo, plataforma Biodex Balance System,	Grados (°), segundos, cm

**Tabla 8***Variables Moderadoras*

Variable	Nivel de medición	Definición operacional
Edad	Continua	Promedio de edad de los participantes del estudio
Peso	Continua	Promedio en kg que posee la muestra
Tipo de ejercicio	Categórica: entrenamiento propioceptivo, balance o fuerza	Modalidad de ejercicio que ejecutaron los sujetos en el estudio
Duración de la intervención	Categórica: días, semanas	La cantidad de días o semanas que duró la intervención
Frecuencia	Continua	Número de veces por semana que el ejercicio fue llevado a cabo
Cantidad de sesiones	Continua	Cantidad total de sesiones desarrolladas por los participantes

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **1. Tipo de estudio**

En el presente estudio se analizarán las variables anteriormente descritas mediante la técnica de meta análisis, siguiendo los lineamientos generales para el reporte de revisiones sistemáticas y meta análisis PRISMA (por sus siglas en inglés) (Liberati et al., 2009). En este sentido, se realizará una revisión sistemática con meta análisis sobre los efectos de ejercicio propioceptivo, de fuerza y equilibrio en la inestabilidad de tobillo

#### **2. Definición de meta análisis**

Es una herramienta para la investigación educativa. El meta análisis implica una síntesis cuantitativa de la evidencia acumulada sobre una pregunta de investigación previamente definida. La respuesta se basará en la información contenida en los estudios previamente publicados (estudios primarios). Las principales características del meta análisis son la precisión, la objetividad y la replicabilidad. Su aplicación permite obtener una estimación combinada del tamaño del efecto. También permite evaluar la heterogeneidad observada en un campo de estudio. Ello permite a su vez formular nuevas hipótesis que incorporan el papel de variables que no se habían tenido en cuenta hasta el momento. El meta análisis comienza con la formulación del problema. A continuación, se lleva a cabo la localización de estudios relacionados con ella. En la fase de codificación se caracterizan los trabajos recogidos en la fase anterior. Finalmente, un análisis estadístico conduce a los resultados, que se presentarán en una publicación que asegure la replicabilidad del estudio (Botella y Zamora, 2017, p. 17).

Según Bolaños y Calderón (2014): si el meta análisis es correctamente realizado aumenta el poder estadístico de la comparación, mejora la estimación del efecto del tratamiento, combina resultados de estudios contradictorios, contesta nuevas preguntas, analiza subgrupos de sujetos seleccionados de diferentes estudios, analiza tendencias, define áreas en las que se necesita más investigación (p. 45).

### **3. Estrategia de búsqueda**

Los estudios serán localizados por medio de búsqueda en base de datos electrónicas, búsqueda en listas de referencias de artículos y en revistas especializadas en el tema, como: EBSCOhost, SportDiscuss, Medline Full Text, Google Scholar y Pubmed. Se utilizará las siguientes frases: (Propioceptive OR balance training OR functional ankle stability OR exercise) AND (ankle OR meta analysis OR systematic review OR sprint), en inglés.

En español se usaron las frases: inestabilidad de tobillo, meta análisis, esguince de tobillo, entrenamiento de balance, entrenamiento de fuerza, entrenamiento de propiocepción.

### **4. Criterios de elegibilidad**

Se utilizará el enfoque PICOS (Population/Población, Intervention/Intervención, Comparison/Comparación, Out-comes/Resultados y Study Design/Diseño del Estudio).

Población o muestra: debe ser constituida por deportistas amateur y profesionales con inestabilidad de tobillo. Se dejó abierta la posibilidad que los estudios pudieran incluir hombres, mujeres, en grupos separados o mixtos. Se podían tener atletas de nivel juvenil con edades desde los 16 años hasta atletas adultos con edades que podían sobrepasar los 26 años.

Intervención: deben ser conformados por entrenamiento propioceptivo, entrenamiento de fuerza o entrenamiento de equilibrio o balance.

Comparación: se comparará las mediciones pre test y post test de grupos experimentales y por separado las de grupo control.

Resultados: deben brindar la información estadística mínima para el cálculo del tamaño de efecto (TE), es decir, promedio y desviación estándar del pres-test y post-test de medidas de balance, fuerza o propiocepción (estas variables pueden estar reportadas por separado o en un mismo estudio podrían aparecer dos de estas o las tres).

Diseño del estudio: los estudios tendrán un diseño experimental de medidas repetidas con un solo grupo de tratamiento o con uno o más grupos de comparación. Se prestará especial atención a diseños aleatorizados y controlados. Pero no se dejará de lado evidencias de diseños experimentales sin grupo de control.

## **5. Codificación de estudios**

Para la codificación se preparó una hoja de cálculo del programa Excel de Windows, se le asignó un número consecutivo a cada artículo y así se les fue incluyendo en las hojas de cálculo, en la misma se tenía el número del estudio, la columna de la cita de los autores y el año de publicación y otros datos importantes para el meta análisis.

Se realizó una revisión entre la investigadora principal y el tutor del trabajo de forma independiente de esta base.

## **6. Evaluación del riesgo de sesgo en los estudios individuales**

Se utilizó la escala TESTEX (Smart et al., 2015). Dicha escala incluye 15 ítems que deben ser cumplidos por las investigaciones (ver tabla 9). En este instrumento se

asigna un punto (1) si el estudio cumplió con el criterio establecido y un cero (0), si no lo cumplió, la máxima puntuación posible es de 15 puntos, mientras que la mínima es de 0.

Para esta investigación se realizaron algunas adaptaciones para poder evaluar los diferentes tipos de estudios. Con respecto a las investigaciones que tenían un solo grupo experimental (Grueva-Pancheva, 2021; Kim y Jeon, 2016; Powden et al., 2019) se eliminó el ítem 2 (métodos de aleatorización claros y descritos), ítem 3 (ocultamiento de la asignación de los pacientes), ítem 4 (grupo sin diferencia estadística en pretest) y el ítem 13 (nivel de actividad física del grupo control). En los estudios en los cuales se aplicó esta adaptación la puntuación máxima alcanzable fue de 9 puntos.

En cuanto a los estudios que tenían dos o más grupos experimentales (Anguish y Sandrey, 2018; Donovan et al., 2016; Kim y Heo, 2019; Lee et al., 2013; Park et al., 2020) se eliminó el ítem 13, debido a que este enunciado no aplica, debido a que no hay un grupo control que evaluar. En este caso la puntuación máxima alcanzable fue de 10.

Para los estudios con diseño experimental-control (Cain et al., 2017; Cain et al., 2020; De Ridder et al., 2015; Eils & Rosenbaum, 2001; Khorjahani et al., 2021; Sierra-Guzmán et al., 2018; Smith et al., 2012; Smith et al., 2018; Vásquez et al., 2022; Youssef et al., 2018) se utilizó la escala original con los 15 ítems.

**Tabla 9.***Criterios utilizados para evaluar la calidad de los estudios*

Criterio
1. Criterios de elegibilidad claros y se cumplen
2. Métodos de aleatorización descritos y definidos.
3. Ocultamiento de la asignación de los participantes
4. Grupos sin diferencia estadística en pretest
5. Cegamiento del evaluador
6. Más del 85% de los participantes terminaron el estudio
7. Se reportan los eventos adversos para cada grupo
8. Se reporta la asistencia a las sesiones completadas por los participantes que terminaron el estudio
9. Análisis de intención de tratar
10. Se reporta análisis estadístico entre grupos para la variable dependiente principal
11. Se reporta análisis estadístico entre grupos para la (s) variable(s) secundaria(s)
12. Se reportan los resultados de variabilidad de la (s) variable(s) secundaria(s)
13. Se reporta el nivel de actividad física del grupo control
14. La intensidad de ejercicio se mantuvo constante durante la intervención
15. Se puede calcular el volumen y el gasto energético

Respecto al ítem 9, es importante aclarar que según la explicación que dan sus autores (Smart et al., 2015); para otorgar el punto de este criterio se debe realizar un análisis de intención de tratar en caso de que haya individuos que abandonen la intervención, sin embargo, no detallan el procedimiento a seguir cuando se presentan estudios donde no hay deserción. De esta forma, en los estudios donde no hay abandono no habría forma de adjudicar el punto de este criterio y el no otorgar un punto sería una penalización para un estudio en el que no hay una falta

evidente, por tanto, este es un ítem que presenta falta de claridad en cuanto al aporte que puede hacer para reflejar la calidad metodológica. Por eso, para efectos de la presente investigación se decidió dar el punto por defecto a aquellos estudios donde no se presentó evidencia de abandono y examinar con cuidado el cumplimiento de este criterio solo en aquellos casos de estudios donde se reportará que algún participante hubiera abandonado.

## **7. Proceso de búsqueda**

En las bases de datos escogidas, se utilizaron las combinaciones de las palabras claves de la siguiente manera: Ankle instability AND Exercise OR Cronic ankle instability AND Propioception; Cronic ankle instability AND Force; Cronic ankle instability AND Stability.

Una vez realizada la búsqueda se hallaron 3200 estudios, de ese grupo se removieron 600 investigaciones por no tener texto completo. Luego de una revisión de títulos, se descartaron 2000 artículos científicos por no tener relación con el tema. Más adelante se leyeron con profundidad los resúmenes de los 600 artículos estudios restantes, para seleccionar los que fueran potencialmente elegibles. En este caso se descartaron un total de 100 estudios, quedando únicamente 80 para la lectura completa. De estos se excluyeron 58 por no cumplir con los criterios de inclusión. Estos estudios había algunos que median las tres variables, otros median dos y otros solo una de ellas, y como se puede apreciar en total fueron 13 estudios que median balance, 5 estudios que median fuerza y 4 que median propiocepción.

## **8. Sistematización de datos**

Para sistematizar los datos se utilizó una hoja de Excel 2020 y se incluyeron datos sobre la población: tamaño de la muestra (n), edad promedio, test de evaluación realizada (pre y post). Además, se recolectó información referente a la intervención: tipo de ejercicio, duración de la intervención, frecuencia por semana, duración de cada sesión, total de sesiones.

## 9. Variables a estudiar

### 9.1 Variables dependientes:

Como variable dependiente se definió los puntajes pre y post de los test utilizados para medir balance, fuerza y propiocepción de cada estudio. Los test utilizados por los estudios fueron los siguientes: Stars Exclusion Balance test, Test balance Y, Foot and ankle disability index, Biodex balance system, Fuerza isométrica, Fuerza y sentido de fuerza, Fuerza en ABD, Fuerza isokinetica, Fuerza isométrica, Stork test, Postural Sway y Test de reposicionamiento activo.

### 9.2 Variables moderadoras:

- Tipo de ejercicio: corresponde a la modalidad de ejercicio que ejecutaron los participantes durante el estudio. Los tipos de ejercicio registradas fueron: ejercicio de fuerza, ejercicio de balance, ejercicio de propiocepción, combinado. Cabe señalar que la categoría combinada indica a la combinación de dos o más tipos de ejercicio durante la sesión.
- Test: corresponde a los test realizados para evaluar la fuerza, el balance y la propiocepción.
- Edad: corresponde al promedio de edad de los participantes del estudio.
- Duración de la intervención: indica el número de semanas que tardó el programa de ejercicio.
- Frecuencia: corresponde al número de veces por semana que el ejercicio fue llevado a cabo por los participantes.
- Cantidad de sesiones: expresa la cantidad total de sesiones desarrolladas por los participantes.
- Duración de la sesión: se refiere a la duración en minutos de cada sesión de ejercicio.

## 10. Análisis estadístico

Se realizaron los siguientes procedimientos: cálculo del tamaño de efecto (TE) individual y global para el diseño intragrupo bajo el modelo de efectos aleatorios (máxima verosimilitud restringida); significancia de los tamaños de efecto (IC 95%), análisis de sesgo general (Test de Egger, 1997), aplicado para calcular la magnitud del sesgo (este se basa en la regresión lineal del TE dividido por su error estándar sobre el inverso de la varianza). Para la prueba de Egger, el valor crítico en la toma de decisiones para el rechazo de la hipótesis nula es el valor  $p < 0,10$ . También, se calculó la heterogeneidad de los datos (prueba de heterogeneidad Q y la prueba de inconsistencia  $I^2$ ) y análisis de seguimiento de variables moderadoras aplicando el ANOVA análogo con el inverso de varianza para las variables categóricas moderadoras y la regresión de mínimos cuadrados ponderados con el inverso de varianza para variables moderadoras continuas.

En algunos estudios la naturaleza de su variable dependiente era inversa a la de los otros, teniendo entonces un sentido inverso, el cambio entre mediciones. Para estos casos se multiplicó por -1 el tamaño de efecto, para que se normalizara su interpretación y fueran en la misma dirección que los otros estudios.

### Metaanálisis intra grupos:

Se aplicó la fórmula propuesta por Becker (1988).

1. La fórmula del tamaño del efecto intragrupos (TE<sub>i</sub>) que se aplicó es la siguiente:  
(Media post test- media pre test) / Desviación estándar pre- test

2. Luego se procedió a corregir el tamaño del efecto (TE<sub>c</sub>) mediante el estadístico

C: Fórmulas:  $c = 1 - (3 / (4 * (n - 1) - 1))$

TE<sub>c</sub> = TE<sub>i</sub> \* c

3. Cálculos para la varianza de tamaños de efectos (Var): Utilizando la fórmula propuesta por Gibbons et al. (1993, p.275, fórmula 21):

$$\text{Var} = (1/n) + [\text{TEc}^2 / (2 * (n-1))]$$

Otros autores (Becker, 1988; Morris, 2008) proponen fórmulas que requieren conocer la correlación entre pre y post, dato que no suele reportarse en los estudios, mientras que en otros casos (e.g.: Thomas et al., 2015) se opta por emplear la misma fórmula de varianza para tamaños de efecto entre grupos, pero dicha fórmula tiene el problema de que se basa en grados de libertad ( $n_1 + n_2 - 2$ ) que no corresponden al diseño de medidas repetidas con dos mediciones (es decir  $n-1$ ).

4. Corrección de varianza (Siguiendo el modelo de efectos aleatorios).

$$\text{VarTEc} = C^2 * \text{Var}$$

5. Inverso de la varianza (w)

$$1 / \text{VarTEc}$$

6. Para el cálculo de los intervalos de confianza al 95% (IC 95%) se procedió con lo siguiente: Cálculos de intervalos de confianza:

$$-\text{IC95\%} = \text{TEc} - 1.96 * \sqrt{\text{VarTEc}}$$

$$+\text{IC95\%} = \text{TEc} + 1.96 * \sqrt{\text{VarTEc}}$$

7. Cálculo del Índice  $I^2$

Este índice representa en qué porcentaje los TE individuales (de cada grupo de estudios metaanalizados) llegan a ser heterogéneos; los valores de 25, 50, 75 indicarían una heterogeneidad baja, media o alta respectivamente según Borenstein et al. (2011).

$$\text{Fórmula: } I^2 = [Q - (n - 1)] / Q$$

Donde “n” es la cantidad de tamaños de efectos individuales.  $I^2$  se multiplica por 100 para expresar inconsistencia entre la distribución de los TE estimados en los estudios con respecto a la distribución de los TE de la población. En caso de que  $I^2$  sea negativo se le da el valor de cero.

Los cálculos de  $I^2$ ,  $Q$ , la prueba de *Egger* y los gráficos de bosque y embudo necesarios para los resultados de los metaanálisis, se obtuvieron mediante el paquete estadístico JAMOVI versión 1.6.23 (Módulo MAJOR). Además, se aplicó el método Trim and Fill (Duval y Tweedie, 2000; Luo et al., 2022; Shi y Lin, 2019) para controlar la heterogeneidad en los resultados y sobre todo el problema de sesgo (en caso de que así sucediera). Vale mencionar que en el caso de encontrarse heterogeneidad sustancial (Borenstein, 2019), se aplicaba análisis de seguimiento de posibles variables moderadoras ya mencionados.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

Posterior a la búsqueda exhaustiva de literatura científica, fueron seleccionados veinte y cinco estudios experimentales que cumplieran los criterios de inclusión mencionados en el capítulo de metodología. De estos estudios solo siete incluyeron grupo control, como se observará más adelante (en la tabla 9 se pueden observar las principales características metodológicas de los estudios y sus resultados más relevantes). Se puede ver en la figura 3 como se describe el proceso de búsqueda y selección de estudios para el proceso meta analítico que se utilizó.

Al final del proceso se logró delimitar 22 artículos que cumplieran con los criterios de inclusión para el meta análisis (ver flujograma, figura 3).

Un total de 572 participantes fueron examinados en los diferentes estudios, de los cuales 214 eran hombres y 254 eran mujeres. La edad de los participantes se encontró entre los 12 y los 35,6 años. Se obtuvo información de 8 grupos experimentales (n=422) y 10 grupos controles (n=160). En la tabla 10 se pueden observar los resultados del análisis de calidad metodológica de los estudios, y su interpretación se expone posteriormente.

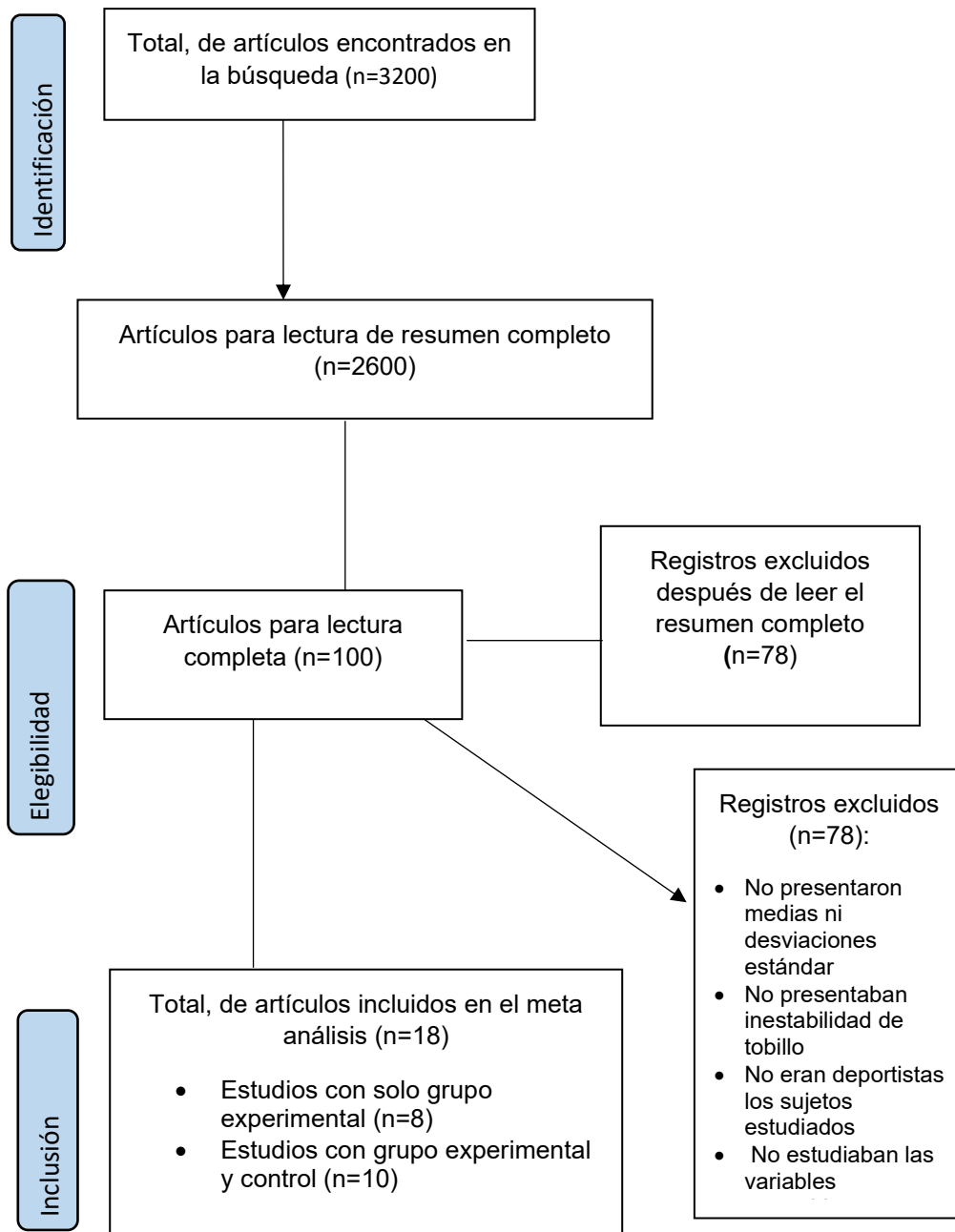
Como se aprecia en la tabla 9, en los estudios se aplicó distintas modalidades de ejercicios. En unos casos se entrenaba solo ejercicio de fuerza, en otros casos se realizaba solo ejercicio de balance. Y en varios casos se observó combinaciones de distintas modalidades de ejercicio. Pero, no hubo estudios donde se utilizó ejercicios de propiocepción.

Específicamente estudios que solo aplicaban ejercicios de fuerza, se identificaron tres: Kim y Jeon (2016); Cain et al. (2020); Park et al. (2020). Además, estudios donde solo se aplicó ejercicios de balance, fueron siete: Anguish y Sandrey (2018); De Ridder et al. (2015); Cain et al. (2020); Sierra-Guzmán et al. (2018); Cain et al. (2017); Park et al. (2020); Youssef et al. (2018).

Con respecto a las combinaciones de distintos tipos de ejercicio (ver tabla 9) se encontró que seis grupos experimentales ejecutaron programas que combinaban dos o más tipos de ejercicio: balance y fuerza (Cain et al. (2020); Powden et al. (2019); Smith et al. (2018); Kim y Heo (2019); Donovan et al. (2016); Youssef et al. (2018). Por otro lado, solo se encontró un estudio donde se realizó combinación de ejercicios de fuerza y propiocepción (Khorjahani et al., 2021). Y un solo estudio donde se realizaba ejercicios de balance y propiocepción (Vásquez et al., 2022).

Con respecto a los resultados reportados en los estudios, en dos de ellos en que hubo dos grupos experimentales, no se encontró diferencia en su comportamiento entre mediciones, mejorando ambos de manera similar (Anguish y Sandrey, 2018; Sierra Guzmán et al., 2018). También se reporta una mejoría del balance en ocho estudios (Cain et al., 2017; Cain et al., 2020; Donovan et al., 2016; Park et al., 2020; Powden et al., 2019; Smith et al., 2018; Vásquez et al., 2022; Youssef et al., 2018).

Dentro de los estudios que no reportaron ninguna mejoría en balance fueron tres (De Ridder et al. (2015); Kim y Heo, 2019; Kim y Jeon, 2016). Los estudios que reportan aumento de fuerza fueron cuatro (Donovan et al., 2016; Khorjahani et al., 2021; Park et al., 2020; Powden et al., 2019). Y por último cinco estudios reportaron mejoría en propiocepción (Eils y Rosenbaum, 2001; Grueva – Pancheva, 2021; Khorjahani et al., 2021; Lee et al., 2013; Vásquez et al., 2022).

**Figura 3.***Flujograma del proceso de selección de artículos*

**Tabla 10.**

*Características de los estudios incluidos en la revisión sistemática con metaanálisis de los efectos de ejercicio propioceptivo, de fuerza y equilibrio en deportistas con inestabilidad de tobillo*

Autor/ año	Características del estudio y tipo de variable examinada	Metodología	Resultados
Anguish y Sandrey, (2018).	VD: Balance Grupo. G1: exp (n=9, edad: 18,44 años) / G2: exp (n=9, edad: 18,33) Deporte: no reporta 2 mujeres y 16 hombres	Instrumento: Stars exclusión balance test. Evaluaciones: pre y post test Tipo de ejercicio: G1: equilibrio en 1 pierna, G2: salto progresivo a equilibrio de estabilización Duración: 4 semanas Frecuencia: 3 veces x semana Tiempo: 30 min x sesión	Ambos grupos mejoraron de forma similar, no hubo diferencias en su comportamiento. Estos resultados son de la prueba con STARS en las 3 direcciones p<0.001. *
Cain et al. (2017).	VD: Balance Grupos: G1 exp (n=22, edad: 16,45 años), G2 control (n= 16, 21, 8 años). Deporte: no reporta 11 mujeres y 11 hombres Controles: Actividad vida diaria	Instrumento: Stars exclusion balance test antero medial Evaluaciones: pre y post test Tipo de ejercicio: entrenamiento sobre plataforma BAPS, donde el sujeto debía moverse en sentido manecillas del reloj Duración: 4 semanas Frecuencia: 3 veces x semana Tiempo: cambio de movimiento cada 10 seg, 5 intentos durante 40 seg. descansos de 1 min	G1 mejoró equilibrio estático (p< 0.05). En la prueba STARS antero medial *
Cain et al. (2020).	VD: Balance Grupos: G1 exp (n=12, edad: 16,42 años), G2 exp (n=10, edad: 16, 4 años), G3 exp (n=10, edad: 16, 2 años), G4 control (n= 11, edad: 16, 45 años). Deporte: no reporta 20 hombres y 23 mujeres.	Instrumento: Tiempo en test de balance Evaluaciones: pre y post test Tipo de ejercicio: ejercicios con banda de resistencia (G1), en plataforma (G2) y combinados (G3) Duración: 8 semanas Frecuencia: 3 veces x semana Tiempo: 60 s activos x 30 s de descanso (3 series)	Hubo mejoría para los grupos G1, G2 Y G3 mejoraron con respecto al grupo control (p= 0.05) *

Continúa en página 55.

Continuación de la tabla # 10. Viene de la página 54.

De Ridder et al. (2015).	<p>VD: Balance 1 grupo exp (n=33, edad: 22,3 años) 1 grupo control (n=31, edad: 25,8 años) Deporte: no reporta No reporta sexo de los sujetos</p>	<p>Instrumento: Foot ankle disability index (FADI) Evaluaciones: pre y post test Tipo de ejercicio: ejercicios de reh: arcos de mov, ejercicios con banda elástica, ejercicios con peso Duración: 8 semanas Frecuencia: 3 veces x semana Tiempo: 80 min x sesión</p>	<p>No hubo mejora en balance dinámico, después de evaluar con el FADI (p= 0.001) *</p>
Donovan et al. (2016)	<p>VD: Balance Grupos: G1 exp (n= 13, edad: 21,31 años), G2 exp (n= 13, años: 21,46 años)</p> <p>VD: Fuerza Grupos: G1 exp (n= 13, edad: 21,31 años), G2 exp (n= 13, años: 21,46 años)</p> <p>Deporte: no reporta 7 hombres y 19 mujeres</p>	<p>VD Balance: Stars exclusion balance test Evaluaciones: pre y post test Tipo de ejercicio: ejercicios de actividad funcional, arcos de movimiento, fuerza y equilibrio Duración: 4 semanas Frecuencia: 3 veces x semana Tiempo: 1 hora</p> <p>VD Fuerza: Fuerza isométrica en dorsiflexión Evaluaciones: pre y post test Tipo de ejercicio: ejercicios de actividad funcional, arcos de mov, fuerza y equilibrio Duración: 4 semanas, Frecuencia: 3 veces x semana Tiempo: 1 hora</p>	<p>VD Balance: hubo una mejora significativa de balance de pre test a post test entre grupos (p&lt; 0.01). *</p> <p>VD Fuerza: hubo un aumento de fuerza en dorsiflexión de pre a post test entre grupos (p&lt; 0.01). *</p>
Eils y Rosenbaum (2001).	<p>VD: Propiocepción Grupos: G1 exp (n= 20, edad: 27 años), G2 control (n= 10, edad: 26, 4 años).</p> <p>12 hombres y 18 mujeres Control: actividad física Deporte: no reporta</p>	<p>Instrumento: Postural Sway Evaluaciones: pre y post test Tipo de ejercicio: ejercicios sobre colchoneta, en plataforma, discos de tobillo, thera band, tableros de inversión y eversión, trampolín, steps. Duración: 6 semanas Frecuencia: 1 veces x semana Tiempo: 10 min de calentamiento + 20 min de ejercicio</p>	<p>Cambios significativos de pre test a post test en grupo exp pero no en el G. control (p&lt; 0.01). *</p>

Continúa en página 56

Continuación de la tabla # 10. Viene de la página 55

Grueva-Pancheva (2021).	<p>VD: Propiocepción 1 grupo exp (n= 15, edad: 35, 6 años)</p> <p>6 hombres y 9 mujeres</p> <p>Deporte: no reporta</p>	<p>Instrumento: Stork test pierna inestable con ojos abiertos</p> <p>Evaluaciones: pre y post test</p> <p>Tipo de ejercicio: ejercicios para sentido de posición articular, sentido de movimiento, equilibrio y sentido de pliometría.</p> <p>Duración: 8 semanas</p> <p>Frecuencia: 5 veces x semana</p> <p>Tiempo: 30 – 45 min</p>	<p>Aumento de propiocepción de pre a post test en grupo exp (p&lt; 0.001) con pierna inestable. *</p>
Khorjahani et al. (2021).	<p>VD: Fuerza Grupos: G1 exp (n= 15, edad: 22,01 años), G2 control (n= 15, años: 21, 83 años).</p> <p>VD: Propiocepción Grupos: G1 exp (n= 15, edad: 22,01 años), G2 control (n= 15, años: 21, 83 años)</p> <p>30 mujeres Control: no ejercicio</p> <p>Deporte: baloncesto, voleibol y balonmano</p>	<p>VD Fuerza: Manual muscular para flexión plantar del tobillo</p> <p>Evaluaciones: pre y post test</p> <p>Tipo de ejercicio: ejercicios de TRX donde iban aumentando los niveles de dificultad, para grandes grupos musculares.</p> <p>Duración: 6 semanas</p> <p>Frecuencia: 3 veces x semana</p> <p>Tiempo: 10 min calentamiento + 15 a 20 min de entrenamiento con TRX</p> <p>VD Propiocepción: Test reposicionamiento activo de pierna dominante</p> <p>Evaluaciones: pre y post test</p> <p>Tipo de ejercicio: ejercicios de TRX donde iban aumentando los niveles de dificultad, para grandes grupos musculares.</p> <p>Duración: 6 semanas</p> <p>Frecuencia: 3 veces x semana</p> <p>Tiempo: 10 min calentamiento + 15 a 20 min de entrenamiento con TRX</p>	<p>VD Fuerza: Aumento de fuerza de pre test a post test para el grupo exp (p&lt; 0.001).</p> <p>VD Propiocepción: hubo una mejoría de propiocepción de pre test a post test en grupo exp (p&lt; 0.001). *</p>
Kim y Heo (2019).	<p>VD: Balance Grupos: G1 exp (n= 21, edad: 21 años), G2 exp (n= 10, 21 años).</p> <p>5 hombres y 16 mujeres</p> <p>Deporte: no reporta</p>	<p>Instrumento: Biodex balance system</p> <p>Evaluaciones: pre y post test</p> <p>Tipo de ejercicio: ejercicios de fuerza con thera band y ejercicios de balance</p> <p>Duración: 4 semanas</p> <p>Frecuencia: 3 veces x semana</p> <p>Tiempo: 10 min cada uno</p>	<p>El balance estático en ejercicio en realidad virtual fue significativamente menor en post test (p&lt; 0.05).</p>

Continúa en página 57.

Continuación de la tabla # 10. Viene de la página 56.

Kim y Jeon. (2016).	<p>VD: Balance 1 grupo exp (n= 26, edad: 23,2 años)</p> <p>26 hombres</p> <p>Deporte: fútbol</p>	<p>Instrumento: Test balance Y</p> <p>Evaluaciones: pre y post test</p> <p>Tipo de ejercicio: ejercicios de rehab: arcos de mov, ejercicios con banda elástica, ejercicios con peso</p> <p>Duración: 12 semanas</p> <p>Frecuencia: 3 veces x semana</p> <p>Tiempo: 80 min x sesión</p>	<p>No hubo efecto significativo en la variable balance, <math>p &lt; 0,05</math> *</p>
Lee et al. (2013).	<p>VD: Propiocepción</p> <p>Grupos: G1 exp (n= 21, edad: 21, 7 años), G2 exp (n= 20, edad: 21, 7 años).</p> <p>41 hombres</p> <p>Deporte: no reporta</p>	<p>Instrumento: máquina isocinética</p> <p>Evaluaciones: pre y post test</p> <p>Tipo de ejercicio: ejercicios de movilización, fuerza isométrica, ejercicios en tabla de equilibrio y trampolín, ejercicios pliométricos.</p> <p>Duración: 4 semanas</p> <p>Frecuencia: 3 veces x semana</p> <p>Tiempo: 10 seg sobre plataforma, 3 intentos.</p>	<p>No hubo diferencia significativa al 25% de inversión del tobillo afectado de pre a post test en grupo exp (<math>p &lt; 0.05</math>). *</p>
Park et al. (2020)	<p>VD: Balance</p> <p>Grupos: G1 exp (n= 12, edad: 22, 58 años), G2 exp (n= 13, años: 21, 69 años).</p> <p>VD: Fuerza</p> <p>Grupos: G1 exp (n= 12, edad: 22,58 años), G2 control (n= 13, edad: 21, 69 años)</p> <p>No reportan el sexo de los sujetos</p> <p>Deporte: no reporta</p>	<p>VD Balance: Test balance Y</p> <p>Evaluaciones: pre y post test</p> <p>Tipo de ejercicio: entrenamiento de balance con ojos cerrados, equilibrio en superficie inestable con ojos abiertos, equilibrio superficie inestable tirando el balón</p> <p>Duración: 3 semanas</p> <p>Frecuencia: 3 veces x semana</p> <p>Tiempo: 10 min de ejercicio general * 10 min de intervención</p> <p>VD Fuerza: Fuerza isocinética inversión de tobillo</p> <p>Evaluaciones: pre y post test</p> <p>Tipo de ejercicio: contracción excéntrica y ejercicio general</p> <p>Duración: 3 semanas</p> <p>Frecuencia: 3 veces x semana</p> <p>Tiempo: 10 min de ejercicio general * 10 min de intervención</p>	<p>VD Balance: hubo una mejora significativa de balance (<math>p &lt; 0.05</math>).</p> <p>VD Balance: hubo un aumento significativo de fuerza a nivel de tobillo (<math>p &lt; 0.05</math>).</p> <p>*</p>

Continuación de la tabla # 10. Viene de la página 57.

Powden et al. (2019).	<p>VD: Balance 1 grupo exp (n= 20, edad: 24,91 años)</p> <p>VD: fuerza 1 grupo exp (n=20, edad: 24,91 años)</p> <p>5 hombres y 15 mujeres</p> <p>Deporte: no reporta</p>	<p>VD Balance: Instrumento: Test de balance Y</p> <p>Evaluaciones: pre y post test</p> <p>Tipo de ejercicio: ejercicios de estabilización en 1 sola pierna con ojos abiertos y cerrados</p> <p>Duración: 4 semanas</p> <p>Frecuencia: 3 veces x semana</p> <p>Tiempo: 30 a 45 min</p> <p>VD Fuerza: Instrumento: fuerza isométrica flex plantar de tobillo</p> <p>Evaluaciones: pre y post test</p> <p>Tipo de ejercicio: ejercicios de estiramiento de gastronemios y soleos y fortalecimiento con thera band.</p> <p>Duración: 4 semanas</p> <p>Frecuencia: 3 veces x semana</p> <p>Tiempo: 30 a 45 min</p>	<p>VD Balance: hubo mejorías de pre test a post test para las pruebas de balance (p&lt;0.001)</p> <p>VD Fuerza: hubo mejorías de pre test a post test para la prueba de fuerza isométrica de tobillo para las 4 direcciones (p&lt;0.001)</p> <p>*</p>
Sierra-Guzmán et al. (2018).	<p>VD: Balance</p> <p>Grupos: G1 exp (n= 17, edad: 22,4 años), G2 exp (n= 16, 21, 8 años), G3 control (n=17, edad: 23,6 años)</p> <p>33 hombres y 17 mujeres</p> <p>Deporte: no reporta</p>	<p>Instrumento: Stars exclusion balance test</p> <p>Evaluaciones: pre y post test</p> <p>Tipo de ejercicio: entrenamiento sobre plataforma con vibración y sin vibración</p> <p>Duración: 6 semanas</p> <p>Frecuencia: 3 veces x semana</p> <p>Tiempo: 45 s de balance x 45 s de pausa</p>	<p>No hubo diferencias significativas entre los 3 grupos de pre test a post test (p&lt; 0.05).</p> <p>Solo hubo mejora significativa en G1 y G2 en rendimiento</p> <p>*</p>
Smith et al. (2018).	<p>VD: Balance</p> <p>1 grupo exp (n= 13, edad: 20,9 años), 1 grupo control (n= 13, edad: 20,9).</p> <p>VD: fuerza</p> <p>1 grupo exp (n=13, edad: 20,9 años)</p> <p>1 grupo control (n= 13, edad: 20,9).</p> <p>12 hombres y 14 mujeres</p> <p>Deporte: no reporta</p>	<p>VD Balance: Instrumento: Test Stars Balance</p> <p>Evaluaciones: pre y post test</p> <p>Tipo de ejercicio: ejercicios con banda elástica. Duración: 4 semanas. Frecuencia: 3 veces x semana. Tiempo: 3 intentos para cada dirección, con 15 segundo de descanso entre las distintas direcciones</p> <p>VD Fuerza: Instrumento: fuerza isométrica flex plantar de tobillo</p> <p>Evaluaciones: pre y post test</p> <p>Tipo de ejercicio: ejercicios de estiramiento de gastronemios y soleos y fortalecimiento con thera band. Duración: 4 semanas. Frecuencia: 3 veces x semana. Tiempo: 3 contracciones por 5 seg, descansos de 1 minuto</p>	<p>VD Balance: hubo diferencias significativas del pre test a post test en la prueba de balance (p&lt;0.001)</p> <p>VD Fuerza: hubo diferencias significativas del pre test al post test para la abducción de cadera (p&lt;0.001)</p> <p>*</p>

Continúa en página 59.

Continuación de la tabla # 10. Viene de la página 58.

Smith et al. (2012).	<p>VD: Fuerza</p> <p>Grupos: G1 exp (n= 20, edad: 20,9 años), G2 control (n= 20, años: 20,2 años)</p> <p>20 hombre y 20 mujeres</p> <p>Control: act física habitual</p> <p>Deporte: no reporta</p>	<p>Instrumento: Fuerza y sentido de fuerza</p> <p>Evaluaciones: pre y post test</p> <p>Tipo de ejercicio: ejercicios de fuerza con thera band o con un ejercitador de tobillo multiaxial</p> <p>Duración: 6 semanas</p> <p>Frecuencia: 3 veces x semana</p> <p>Tiempo: 1 hora</p>	<p>Hubo un aumento de fuerza de pre a post test en inversión en grupo exp (p&lt; 0.01).</p>
Vásquez et al. (2022)	<p>VD: Balance</p> <p>Grupos: G1 exp (n= 13, edad: 15,38 años), G2 control (n= 12, años: 17 años).</p> <p>VD: Propiocepción</p> <p>Grupos: G1 exp (n= 13, edad: 15,38 años), G2 control (n= 12, edad: 17 años)</p> <p>25 mujeres</p> <p>Control: entrenamiento baloncesto</p> <p>Deporte: baloncesto</p>	<p>VD Balance: Stars exclusion balance test</p> <p>Evaluaciones: pre y post test</p> <p>Tipo de ejercicio: entrenamiento neuromuscular, con ejercicios de coordinación, saltos, carrera con cambio de dirección y equilibrio unipodal.</p> <p>Duración: 6 semanas</p> <p>Frecuencia: 2 veces x semana</p> <p>Tiempo: 15 min, 30 segundos cada ejercicio</p> <p>VD Propiocepción: prueba reposicionamiento articular activo</p> <p>Evaluaciones: pre y post test</p> <p>Tipo de ejercicio: entrenamiento neuromuscular, con ejercicios de coordinación, saltos, carrera con cambio de dirección y equilibrio unipodal.</p> <p>Duración: 6 semanas</p> <p>Frecuencia: 2 veces x semana</p> <p>Tiempo: 15 min, 30 segundos cada ejercicio</p>	<p>VD Balance: hubo una mejora significativa de balance en direcciones anterior, posteromedial y posterolateral en el grupo exp en pierna dominante (p&lt; 0.05).</p> <p>VD Propiocepción: hubo una mejoría significativa en la reposición articular cadera, rodilla y tobillo en el grupo exp d pierna dominante (p&lt; 0.05).</p>
Youssef et al. (2018)	<p>VD: Balance</p> <p>Grupos: G1 exp (n= 13, edad: 21,76 años), G2 exp (n= 12, años: 20,83 años), G3 control (n= 10, edad: 17 años)</p> <p>35 mujeres</p> <p>Deporte: no reporta</p>	<p>Instrumento: Biodex balance system</p> <p>Evaluaciones: pre y post test</p> <p>Tipo de ejercicio: ejercicios de equilibrio estático en 1 y 2 pies, ejercicios equilibrio dinámico caminando, y sobre una tabla de equilibrio hacia varias direcciones.</p> <p>Duración: 4 semanas</p> <p>Frecuencia: 3 veces x semana</p> <p>Tiempo: 15 a 20 rep x 1 min cada una, 10 s descanso entre cada cambio</p>	<p>Hubo una mejora significativa de balance de pre test a post test en el grupo exp en el índice de estabilidad general (p&lt; 0.05).</p>

**Tabla 11*****Evaluación de la calidad metodológica de los estudios incluidos en el metaanálisis según la escala TESTEX***

Estudio	Criterios de la escala TESTEX															Puntos
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Anguish (2018).	SI	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NA	NO	NO	8/15
Cain et al. (2017).	SI	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	NO	9/15
Cain et al. (2020).	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	NO	NO	NO	10/15
De Ridder et al. (2015).	SI	SI	NO	SI	NO	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	9/15
Donovan et al. (2016)	SI	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NA	NO	NO	10/15
Eils & Rosenbaum (2001).	SI	SI	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	NO	10/15
Grueva-Pancheva (2021).	SI	NA	NA	NA	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	NA	NO	NO	7/15
Khorjahani et al. (2021).	SI	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI	10/15
Kim & Heo (2019).	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	NO	SI	NA	SI	NO	9/15
Kim & Jeon (2016).	SI	NA	NA	NA	NO	SI	NO	NO	SI	SI	NO	SI	NA	SI	NO	5/15
Lee et al. (2013).	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NA	NO	NO	5/15
Park et al. (2020)	SI	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NA	SI	SI	9/15
Powden et al. (2019).	SI	NA	NA	NA	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	NA	SI	NO	7/15
Sierra-Guzmán et al. (2018).	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	8/15
Smith et al. (2018).	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	8/15
Smith et al. (2012).	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	NO	9/15
Vásquez et al. (2022)	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	NO	8/15
Youssef et al. (2018)	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	9/15

1. Criterios de elegibilidad claros y se cumplen; 2. Métodos de aleatorización descritos y definidos; 3. Ocultamiento de asignación de los participantes; 4. Grupos sin diferencia estadística en pretest; 5. Cegamiento del evaluador; 6. Más del 85% de los participantes terminaron el estudio; 7. Se reportan los eventos adversos para cada grupo; 8. Se reporta la asistencia a las sesiones completadas por los participantes que terminaron el estudio; 9. Análisis de intención de tratar; 10. Se reporta análisis estadístico entre grupos para la variable dependiente principal; 11. Se reporta análisis estadístico entre grupos para la (s) variable(s) secundaria(s); 12. Se reportan los resultados de variabilidad de los resultados; 13. Se reporta el nivel de actividad física del grupo control; 14. La intensidad de ejercicio se ajustó durante la intervención; 15. Se puede calcular el volumen y el gasto energético.

Como se aprecia en la tabla 11, el 100% de las investigaciones incluidas en esta revisión tuvieron como fortalezas metodológicas, el cumplimiento de tres de los criterios de calidad: *criterios de elegibilidad claros y se cumplen* (ítem 1); *se reporta análisis estadístico entre grupos para la variable dependiente principal* (ítem 10); *se reportan los resultados de variabilidad de los resultados* (ítem 12). Sumado a lo anterior, un 94,44% de los estudios reportó que más del 85% de sus participantes terminaron el estudio, lo que sugiere adecuada adherencia de los deportistas lesionados a sus respectivos tratamientos con ejercicio físico, en los estudios que se meta analizó.

Por el contrario, dentro de las deficiencias metodológicas que se encontraron, destaca *el ocultamiento de la asignación de los pacientes* (ítem 3), pues solo en un estudio se reportó este dato y el *cegamiento de los evaluadores* (ítem 5), fue otro punto débil en la metodología de las investigaciones, ya que solo se reportó en tres de ellas. Así mismo, los estudios con diseño de grupo experimental y control fueron el 61,11% (11 de los 18 incluidos; ver tabla 11).

Por otro lado, todos los grupos controles tuvieron reporte de su nivel de actividad física, por lo tanto, se pudo verificar que estos datos no influenciaban el resultado de los estudios correspondientes.

Sin embargo, en la intención de tratar, solo 13 estudios realizaron este análisis, esto significa que en los análisis estadísticos solamente se incluyeron a los participantes que habían terminado el estudio y se excluyó los datos de los sujetos que iniciaron el estudio, pero que por alguna razón no lograron completarlo.

## Metaanálisis de datos de grupos experimentales

**Tabla 12**

*Resumen de meta análisis del efecto del ejercicio sobre balance, propiocepción y fuerza en deportistas con inestabilidad del tobillo. Tamaños de efecto (TE) pre v.s. post test. Datos de grupos experimentales*

VD	k	n de TE	TE pp	EE	Intervalos de confianza		Q	I <sup>2</sup>	Test de Egger (p)
					IC-	IC+			
Balance	13	21	0.55	0.09	0.38	0.73	43.55 (p=0.002)	53.11%	<0.001
Balance MC <sup>1</sup>	12	19	0.50	0.08	0.35	0.66	34.19 (p<0.017)	40.48%	<0.001
Balance MC <sup>2</sup>	12	19	0.47	0.08	0.32	0.62	30.32 (p<0.034)	24.21%	0.002
Balance MC <sup>3</sup>	11	18	0.43	0.07	0.29	0.56	20.26 (p=0.261)	17.26%	0.055
Balance con Trim and Fill	13	21 (I=5)	0.34	0.06	0.22	0.46	82.11 (p< 0.001)	69.55%	---
Fuerza	7	9	0.37	0.26	-0.13	0.88	45.30 (p<0.001)	87.49%	0.311
Propiocepción	5	6	-3.52	2.70	-8.80	1.77	55.40 (p<0.001)	99.81%	<0.001
Propiocepción MC <sup>4</sup>	4	5	-0.62	0.54	-1.67	0.43	44.75 (p<0.001)	95.33%	<0.001
Propiocepción con Trim and Fill	5	6 (I= 2)	0.38	0.11	-0.64	-0.13	103.73 (p<0.001)	93.25%	---

**Notas:** VD: variable dependiente; MC: modelo corregido; <sup>1</sup>: sin Vasquez et al., 2022; <sup>2</sup>: sin Youseff et al., 2018; <sup>3</sup>: sin Vasquez et al., 2022 y sin Youseff et al., 2018; <sup>4</sup>: sin Grueva- Pancheva, 2021; k: cantidad de estudios; n de TE: cantidad de tamaños de efecto (TE); I: tamaños de efecto imputados; TEpp: tamaño de efecto promedio ponderado; EE: error estándar; I<sup>2</sup>: los resultados del estadístico I<sup>2</sup> se presentan en porcentajes; test de Egger (p): valor p de la regresión de Egger (prueba de sesgo de publicación). Se presentan resultados del modelo de meta- análisis de efectos aleatorios de máxima verosimilitud restringida.

Los resultados del presente metaanálisis se observan que en el caso del balance obtuvo un efecto distinto de cero con 95% de confianza, por lo tanto, el ejercicio específico afecta el balance de los deportistas con inestabilidad de tobillo.

En los meta análisis de balance y de propiocepción hubo evidencia de sesgo, pero lo tanto se tuvo que contralar mediante la opción de modelos corregidos tal y como ya se ha señalado en el capítulo de resultados.

Como se muestra en el meta análisis (tabla 12) se realizan 2 modelos corregidos para la variable balance, ya que algunos de sus resultados son muy extremos, por lo tanto, se eliminan y se realiza de nuevo el meta análisis y se ve las diferencias entre ambos modelos, esto con el fin de eliminar el sesgo de publicación. Mientras, que para la variable propiocepción se realiza sólo 1 modelo corregido.

En la variable balance del modelo corregido sin el estudio de Vásquez et al., 2022 (figura 5), se obtuvo un efecto menor de 0.106 y que no fue distinto de 0 con 95% de confianza. Por lo tanto, tampoco hay evidencia de que el ejercicio afecte a balance de los deportistas con inestabilidad de tobillo. Sin embargo, se observa  $Q = 90.081$  ( $p < 0.001$ ),  $I^2 = 84,03\%$ , lo que continúa indicando heterogeneidad. Pero en este caso su valor  $p = 0.017$ , por lo cual si hay sesgo.

Mientras que en el modelo corregido sin el estudio de Youseff et al, 2018 (figura 6), se obtuvo un efecto de 0.329 que fue distinto de 0 con 95% de confianza. Por lo que si hay evidencia que el ejercicio afecte positivamente al balance de los deportistas con inestabilidad de tobillo. Además, se observa  $Q = 64.061$  ( $p < 0.001$ ),  $I^2 = 76.68\%$ , lo cual indica heterogeneidad. En este caso su valor  $p = 0.262$ , por lo tanto, no hay sesgo en este caso.

En el caso del balance como se aprecia en la Tabla 12 se obtuvo un efecto en la variable balance que es distinto de 0 con 95% de confianza. Es decir, hay evidencia de que el ejercicio específico afecte a balance de los deportistas con inestabilidad de tobillo. Sin embargo, en el gráfico de bosque (figura 4) se puede observar estudios que tienen resultados extremos y esto corresponde con el resultado de heterogeneidad que se observa en la tabla 12.  $Q = 43.553$  ( $p = 0.002$ ),  $I^2 = 53,11\%$ .

Esto quiere decir que existe al menos una Variable Moderadora de estos resultados pudiendo existir entonces condiciones en los que el ejercicio podría favorecer el balance de estos deportistas.

Además, el valor  $p$  es  $< 0,001$ , por lo tanto, hay sesgo de publicación, entonces se requirió un análisis de sensibilidad para tratar y controlar los sesgos de publicación.

Como se muestra en el meta análisis (tabla 12) se realizan 2 modelos corregidos para la variable balance, ya que algunos de sus resultados son muy extremos, por lo tanto, se eliminan y se realiza de nuevo el meta análisis y se ve las diferencias entre ambos modelos, esto con el fin de eliminar el sesgo. Mientras, que para la variable propiocepción se realiza sólo 1 modelo corregido.

En la variable balance del modelo corregido sin el estudio de Vásquez et al., 2022 (figura 5), se obtuvo un efecto menor de 0.106 y que no fue distinto de 0 con 95% de confianza. Por lo tanto, tampoco hay evidencia de que el ejercicio afecte a balance de los deportistas con inestabilidad de tobillo. Sin embargo, se observa  $Q = 90.081$  ( $p < 0.001$ ),  $I^2 = 84,03\%$ , lo que continúa indicando heterogeneidad. Pero en este caso su valor  $p = 0.017$ , por lo cual si hay sesgo.

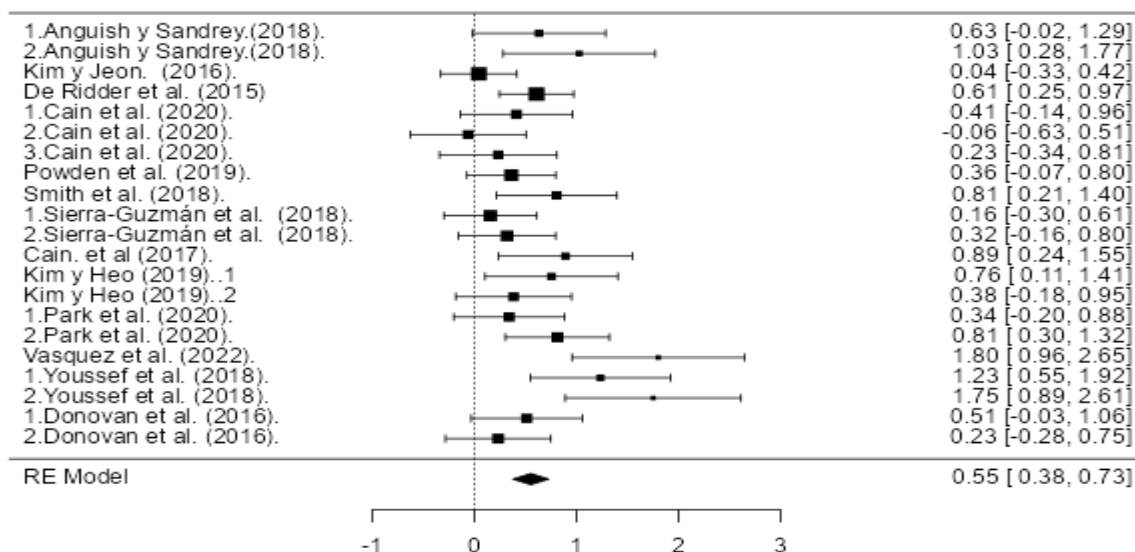
Mientras que en el modelo corregido sin el estudio de Youseff et al, 2018 (figura 6), se obtuvo un efecto de 0.329 que fue distinto de 0 con 95% de confianza. Por lo que si hay evidencia que el ejercicio afecte al balance de los deportistas con inestabilidad de tobillo. Además, se observa  $Q = 64.061$  ( $p < 0.001$ ),  $I^2 = 76.68\%$ , lo cual indica heterogeneidad. En este caso su valor  $p = 0.262$ , por lo tanto, no hay sesgo en este caso.

En el estudio de Sierra- Guzmán et al. (2018) se observa la presencia de 2 grupos, donde sus características más sobresalientes serían: uno que realizaban el tratamiento sobre una plataforma de vibración (grupo eliminado del meta análisis) y el otro grupo no.

Además, que el grupo que no fue eliminado perdieron 1 sujeto, mientras que el resto mantuvo todos sus sujetos iniciales.

Figura 4

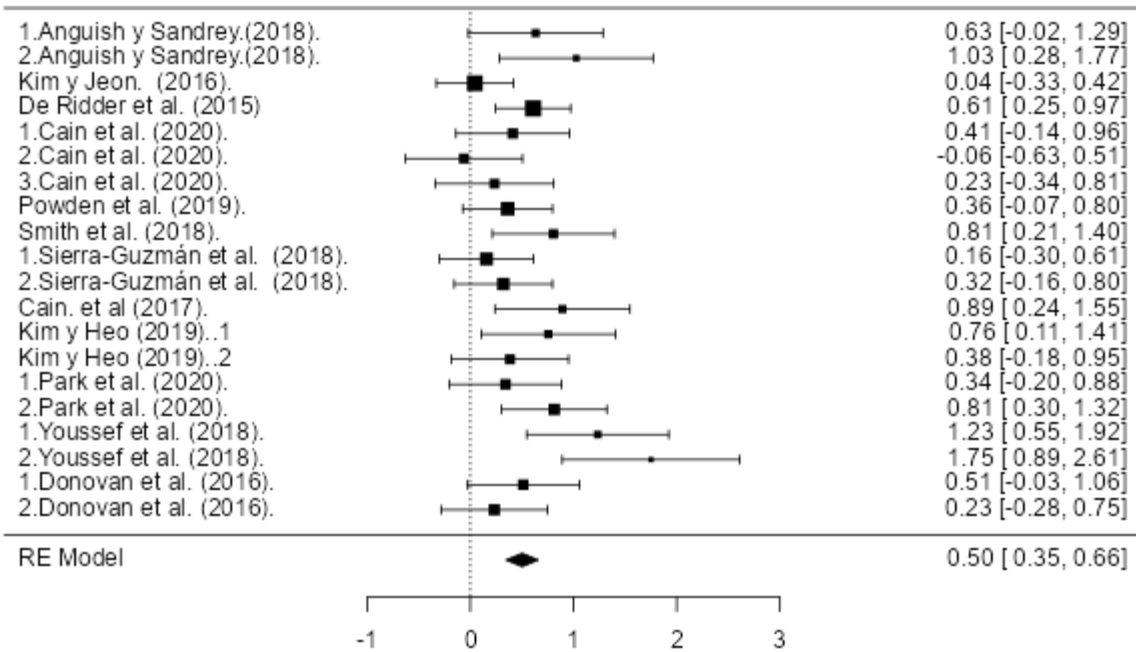
Gráfico de bosque de meta análisis sobre el efecto del ejercicio en el balance en deportistas con inestabilidad de tobillo. Tamaños de efecto (TE) pre v.s. post test.  
Datos de grupos experimentales



Notas: 1. Anguish y Sandrey. (2018)...De Ridder et al. (2015): grupo experimental sujetos con inestabilidad crónica de tobillo, que realizaron un cuestionario del índice de discapacidad de pie y tobillo;; 1. Cain et al. (2020): grupo de banda de resistencia; 2. Cain et al. (2020): grupo Sistema de plataforma biomecánico de tobillo; 3. Cain et a. (2020): grupo combinado; 1. Sierra – Guzmán et al. (2018): grupo plataforma vibración todo el cuerpo; 2. Sierra – Guzman et al. (2018): grupo plataforma no vibración; 1. Kim y Heo (2019): realidad virtual; 2. Kim y Heo (2019): ejercicio convencional; 1. Park et al. (2020): contracción excéntrica; 2. Park et al. (2020): ejercicio general; 1. Youssef et al. (2018): ejercicio con whole balance board; 2. Youssef et al. (2018): entrenamiento unilateral; 1. Donovan et al. (2016): entrenamiento con dispositivo; 2. Donovan et al. (2016): entrenamiento sin dispositivo

**Figura 5**

Gráfico de bosque corregido sin el estudio de Vásquez et al., 2022, del meta análisis sobre el efecto del ejercicio en el balance en deportistas con inestabilidad de tobillo. Tamaños de efecto (TE) pre v.s. post test. Datos de grupos experimentales



**Figura 6**

Gráfico de bosque corregido sin el estudio de Youseff et al., 2018, del meta análisis sobre el efecto del ejercicio en el balance en deportistas con inestabilidad de tobillo. Tamaños de efecto (TE) pre v.s. post test. Datos de grupos experimentales

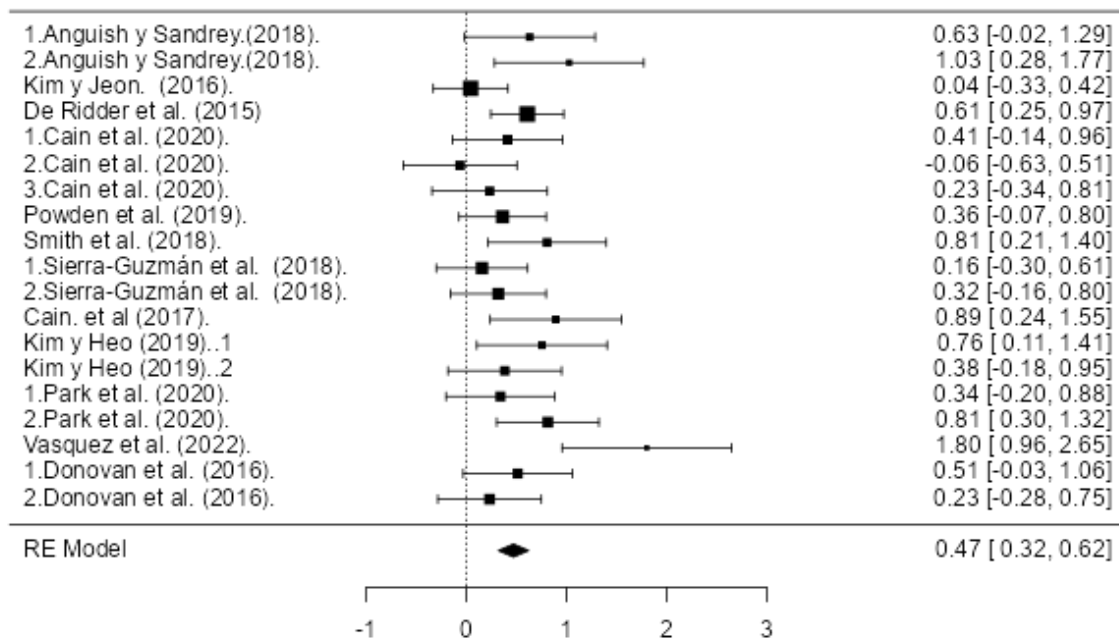


Figura 7

Gráfico de bosque corregido sin el estudio de Vásquez et al., 2022 y Youseff et al., 2018, del meta análisis sobre el efecto del ejercicio en el balance en deportistas con inestabilidad de tobillo. Tamaños de efecto (TE) pre v.s. post test. Datos de grupos experimentales

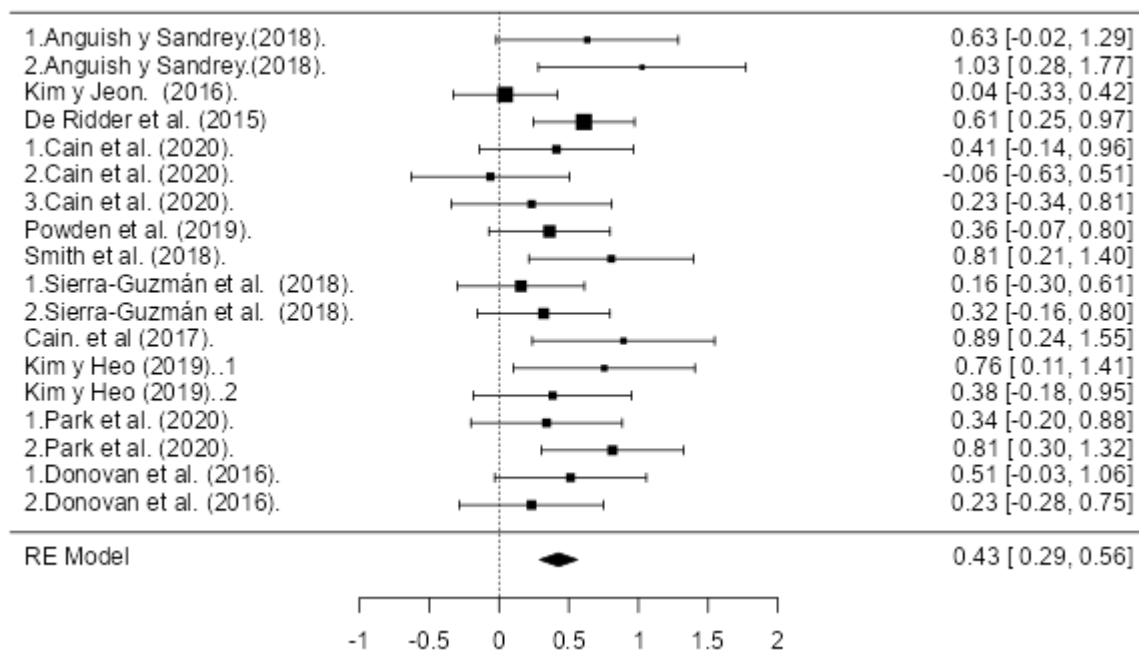
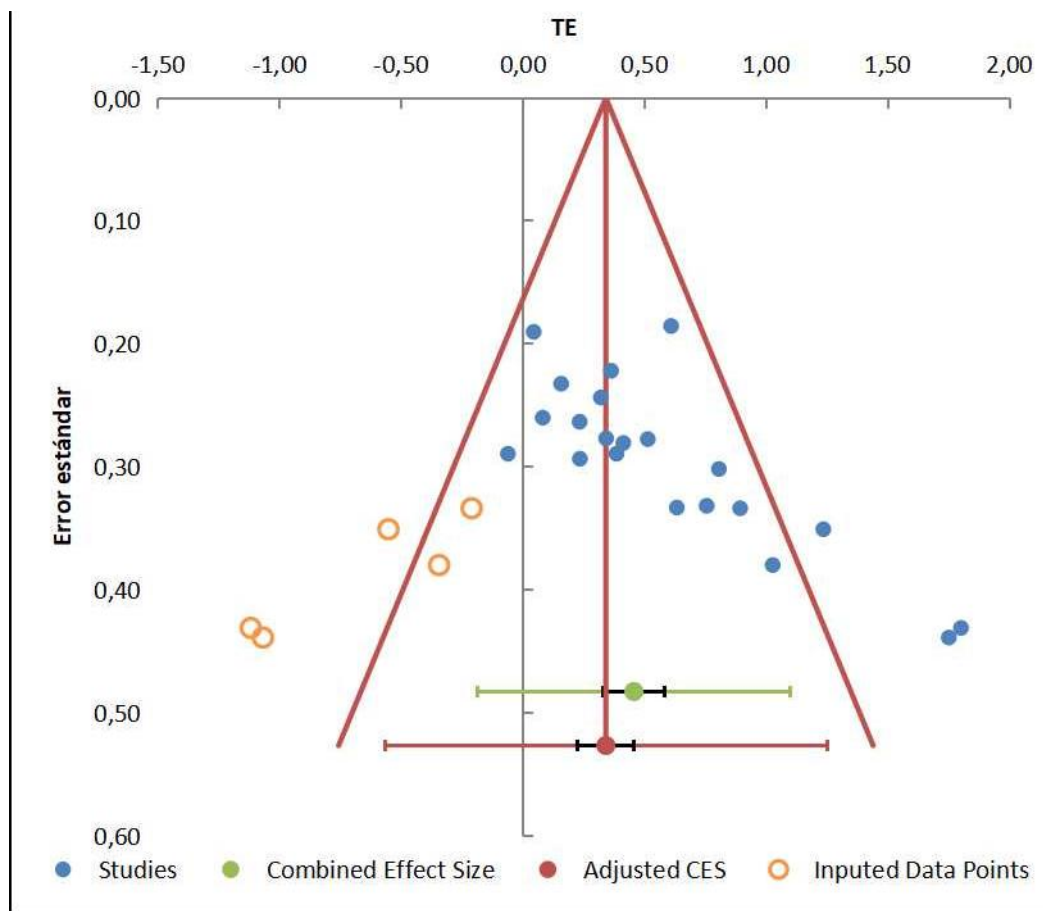


Figura 8.

Gráfico de embudo con Trim and Fill. Meta análisis de efectos del ejercicio en el balance

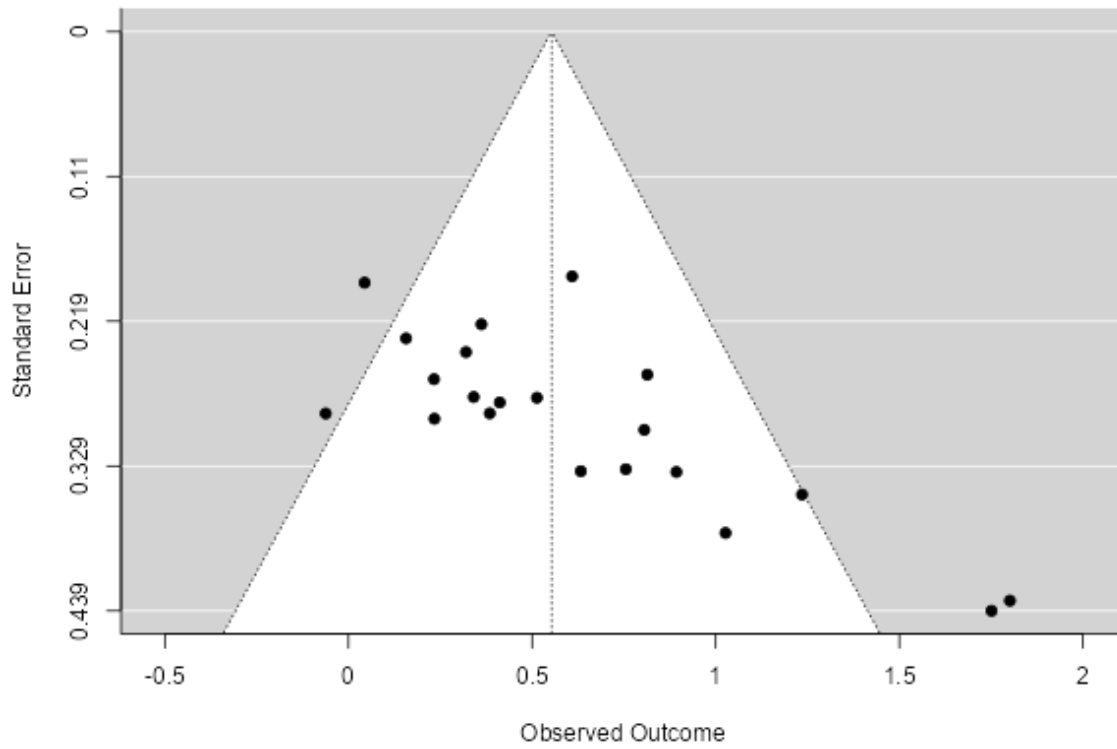


Como se aprecia en la Tabla 12, en el meta análisis del efecto de ejercicio sobre el balance hay evidencia de un efecto de magnitud moderadora y distinto de cero que indica que el ejercicio aplicado en deportistas con inestabilidad de tobillo beneficia su capacidad de balance. Sin embargo, se observa que hay evidencia de sesgo detectado mediante la Prueba de Egger (al obtenerse un valor  $p < 0.1$ ). Al examinar el forest plot correspondiente (figura 5) se identificó dos tamaños de efecto extremos (Vásquez et al, 2018 y el segundo grupo de Youssef et al., 2022, quienes realizaban entrenamiento unilateral) y otro posible tamaño de efecto extremo sería el del primer grupo experimental de Youssef et al. (2022), quienes hacían ejercicios con pesas.

Por tanto, se procedió a determinar la sensibilidad de los resultados del meta análisis al eliminar progresivamente estos tamaños de efecto (los resultados de estos ajustes se pueden observar en la misma tabla 12 identificados como *modelos corregidos* del meta análisis del balance). Sin embargo, ninguno de estos ajustes contribuyó a controlar la evidencia de sesgo detectada con el Test de Egger. Entonces, se decidió aplicar el método de Trim and Fill el cual detectó la asimetría en el gráfico de embudo correspondiente al meta análisis, localizando estudios (tamaños de efecto individuales para efectos del presente estudio) perdidos en el gráfico, los cuales generarían la asimetría que se observa y que según este método se supone que se debe al sesgo. De modo que, se crean estos tamaños de efecto (método de imputación) insertándolos dentro del gráfico de embudo y corriendo de nuevo el análisis, usando los tamaños de efecto originales y los tamaños de efecto imputados, obteniéndose así un tamaño de efecto global ajustado, habiéndose removido el sesgo que se supone que explicaba la asimetría en el gráfico de embudo (Borenstein, 2019). Como se aprecia en la fila correspondiente del modelo Trim and Fill y la figura 8, al remover el sesgo con el método Trim and Fill, se sigue obteniendo un tamaño de efecto global distinto de cero, que indica que el ejercicio favorece al balance en los deportistas con inestabilidad de tobillo, pero su magnitud es pequeña ( $TE = 0,34$ ). Además, hay evidencia de heterogeneidad que puede ser relevante y, por lo tanto, la misma se debería explicar por medio del análisis de variables moderadoras, que se mostrará más adelante.

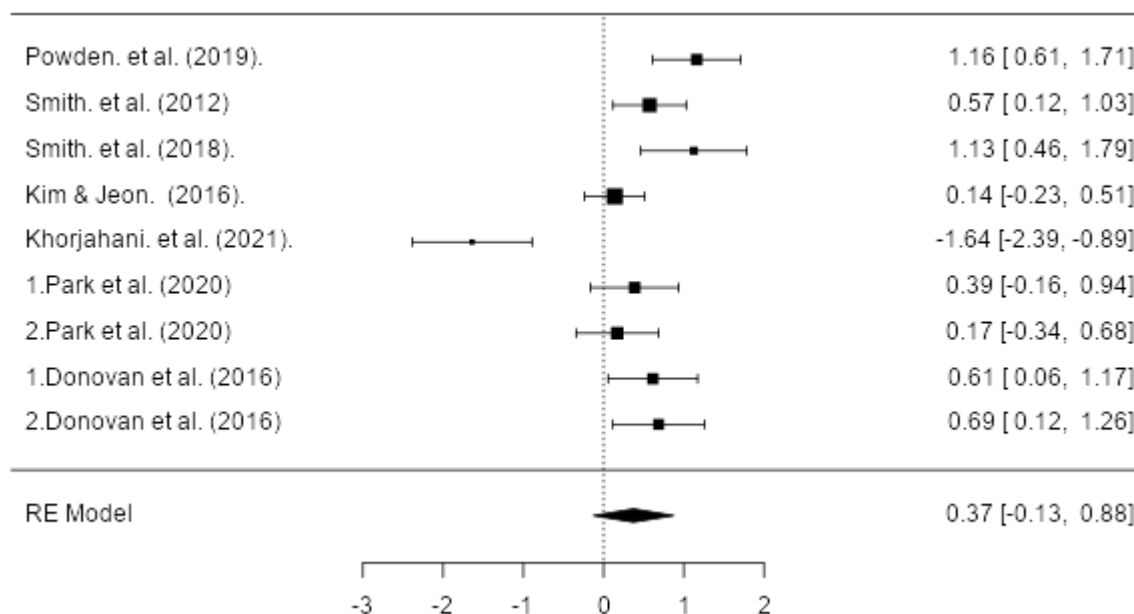
**Figura 9**

*Gráfico de embudo de meta análisis sobre el efecto del ejercicio sobre el balance en deportistas con inestabilidad de tobillo. Tamaños de efecto (TE) pre v.s. post test. Datos de grupos experimentales*



**Figura 10**

Gráfico de bosque de meta análisis sobre el efecto del ejercicio en fuerza en deportistas con inestabilidad de tobillo. Tamaños de efecto (TE) pre v.s. post test. Datos de grupos experimentales



Notas: 1. Park et al. (2020): grupo experimental sujetos con inestabilidad crónica de tobillo, que realizaron ejercicio con contracción excéntrica; 2. Park et al. (2020): grupo experimental que realizaron ejercicio general; 1. Donovan et al (2016): grupo experimental que realizaron ejercicio con dispositivo y 2. Donovan et al. (2020): grupo experimental que hicieron ejercicio sin dispositivo.

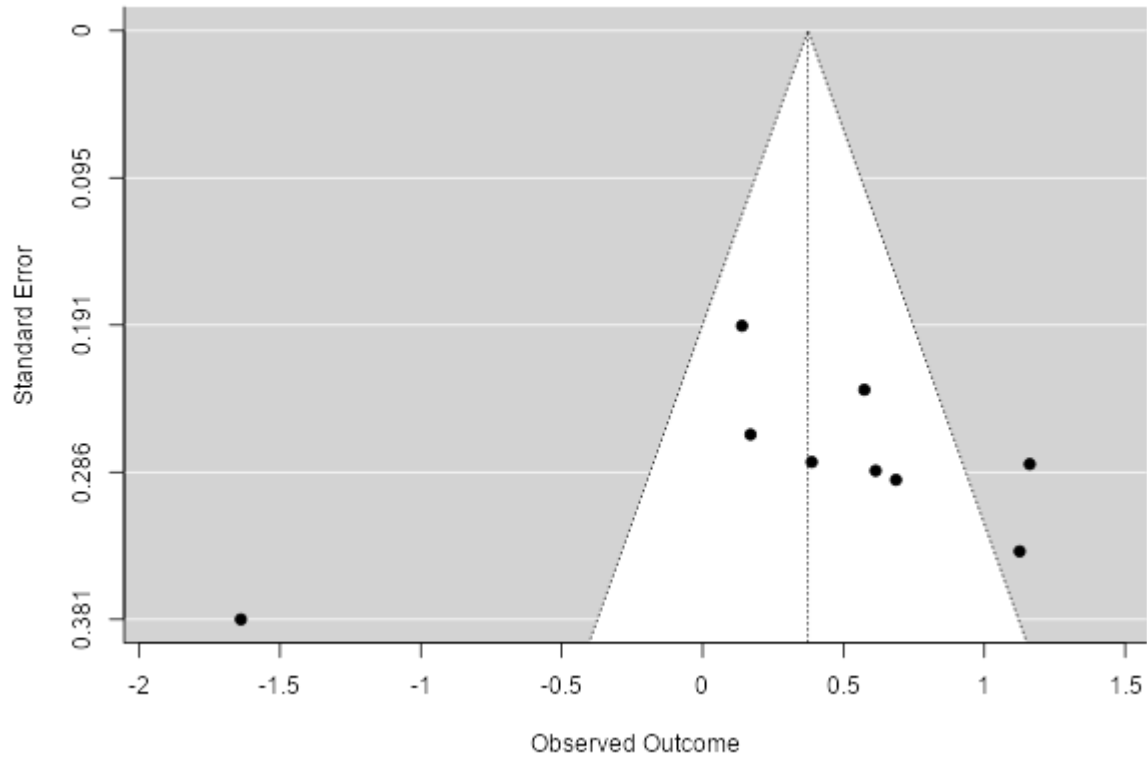
En el caso de la fuerza como se observa en la Tabla 12 se obtuvo un efecto que tienden a ser entre moderados y grandes, además, que fueron en su mayoría distintos de 0 con 95% de confianza. Es decir, no hay evidencia de que el ejercicio afecte a la fuerza de los deportistas con inestabilidad de tobillo. Sin embargo, en el gráfico de bosque (figura 8) se puede observar estudios que tienen resultados extremos y esto corresponde con el resultado de heterogeneidad que se observa en la tabla 10.  $Q = 45,304$  ( $p < 0.001$ ),  $I^2 = 87,49\%$ .

Esto quiere decir que existe al menos una Variable Moderadora de estos resultados pudiendo existir entonces condiciones en los que el ejercicio podría favorecer la fuerza de estos deportistas.

Además, el valor  $p$  es 0,311, por lo tanto, no hay sesgo ( $p < 0.1$ ).

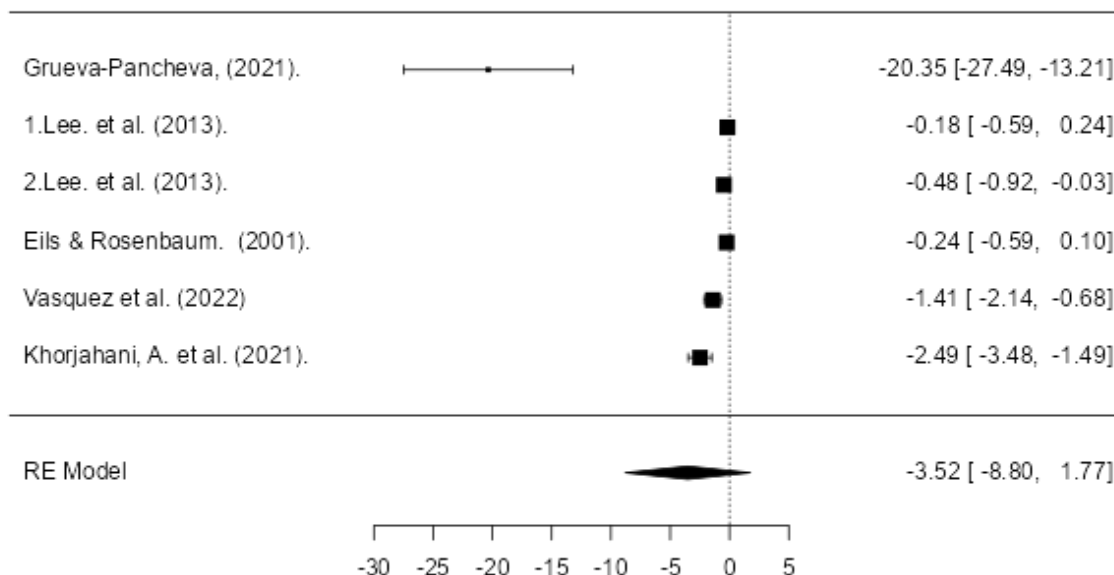
**Figura 11**

*Gráfico de embudo de meta análisis sobre el efecto del ejercicio sobre la fuerza en deportistas con inestabilidad de tobillo. Tamaños de efecto (TE) pre v.s. post test. Datos de grupos experimentales*



## Figura 12

Gráfico de bosque de meta análisis sobre el efecto del ejercicio en propiocepción en deportistas con inestabilidad de tobillo. Tamaños de efecto (TE) pre v.s. post test. Datos de grupos experimentales



En el caso de la variable propiocepción como se observa en el forest plot (figura 10), se aprecia que el estudio de Grueva- Pancheva (2021) tuvo un efecto demasiado alto, por lo cual, se distingue mucho del comportamiento normal de esta muestra de estudios. Por lo tanto, se decidió eliminarlo del modelo para determinar si esto podía explicar la observación de sesgo que se tuvo para este meta análisis. Cabe señalar que en estas variables sus resultados son inversos, por lo tanto, en el estudio de Grueva- Pancheva, 2021, se multiplica \*-1.

Como se ve en la tabla 11 se obtuvo un efecto menor de -3.52 Sin embargo, se observa una  $Q = 55.402$  ( $p < 0.001$ ),  $I^2 = 99,81\%$ , lo que continúa indicando heterogeneidad. Mientras que su valor  $p = < .001$ , sigue habiendo sesgo de publicación.

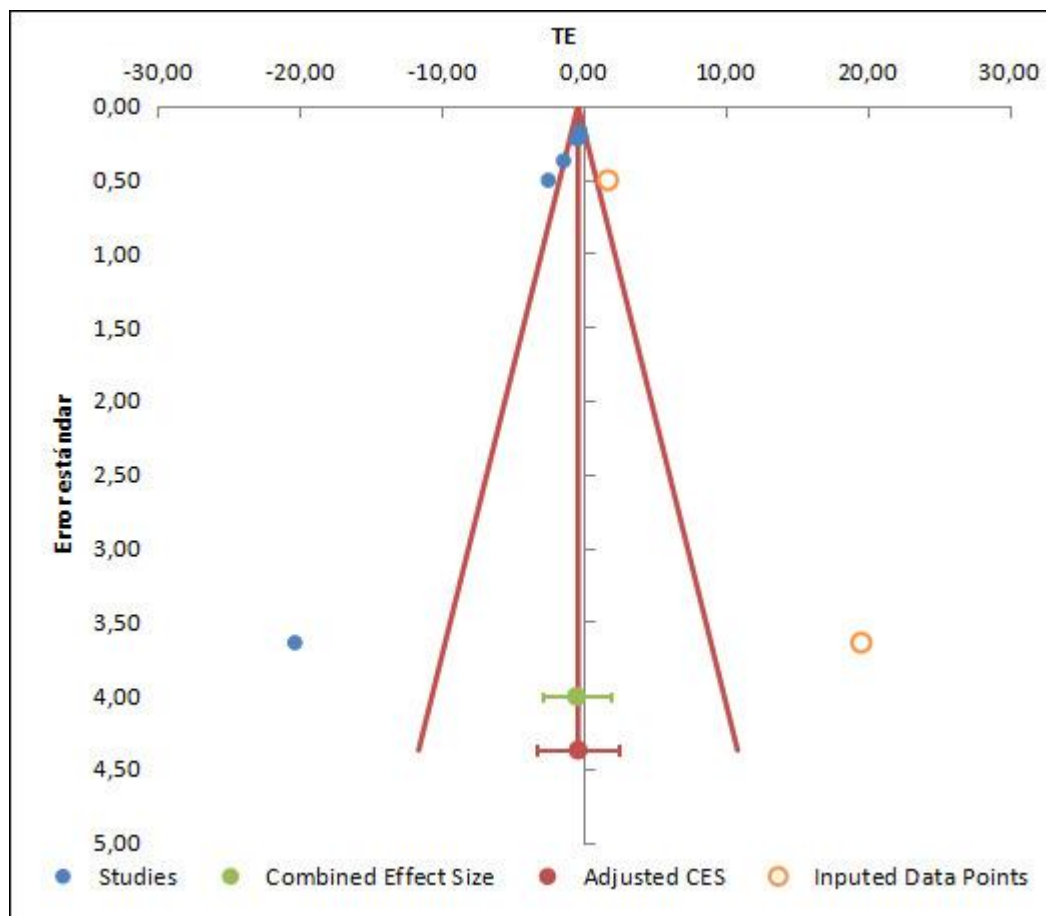
Esto quiere decir que existe al menos una Variable Moderadora de estos resultados pudiendo existir entonces condiciones en los que el ejercicio podría favorecer la propiocepción de estos deportistas.

Además, el valor  $p$  es  $< 0.001$ , por lo tanto, hay sesgo, entonces se requirió un análisis de sensibilidad para tratar y controlar los sesgos.

Para el modelo corregido se realizó sin el estudio de Grueva- Pancheva, 2021, donde se obtuvo un efecto de  $-0.618$  con 95% de confianza. Se observa una  $Q=44.745$  ( $p<0.001$ ),  $I^2=95.33\%$ , por lo tanto, hay heterogeneidad. Y su valor  $p < 0.001$ , habiendo sesgo.

**Figura 13**

*Gráfico de embudo Trim and Fill. Meta análisis de efectos del ejercicio en la propiocepción*

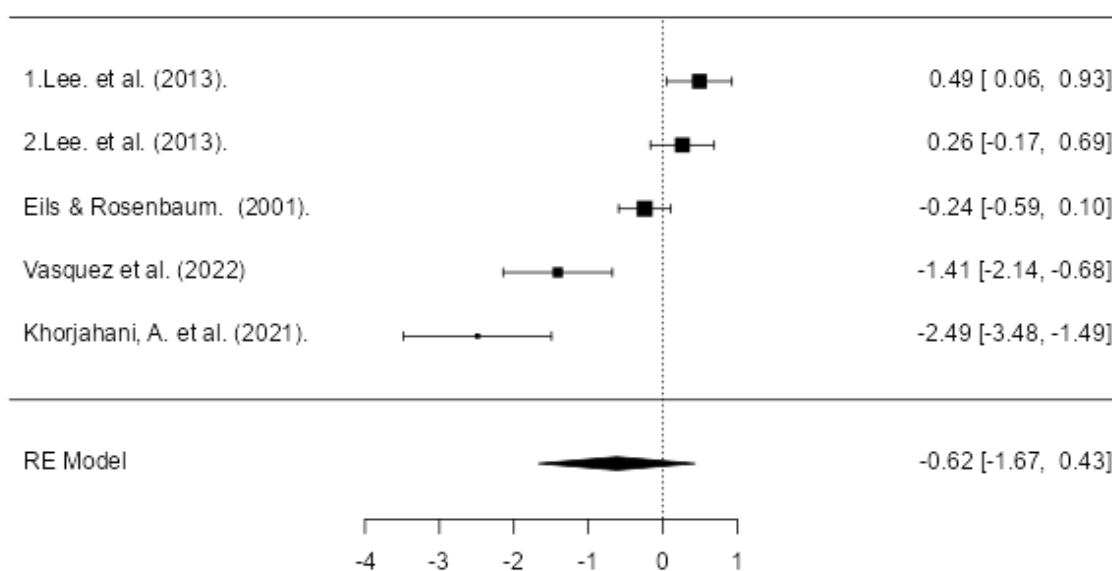


Igual que sucedió en el caso del balance, se muestra que hay evidencia de sesgo observado en la *Prueba de Egger* (al obtenerse un valor  $p < 0.01$ ) Y examinando su forest plot (figura 12) se identificó un tamaño de efecto extremo (Grueva- Pancheva, 2021, quienes realizaban equilibrio en una pierna), por lo que luego de ajustar el modelo del meta análisis (eliminando los efectos extremos) y no tener éxito (al persistir el sesgo), se decidió también aplicar el método de Trim and Fill. Como se ve en la tabla 12, tras aplicar este método, se obtuvo un efecto distinto de cero, que indica que el ejercicio aplicado en deportistas con inestabilidad de tobillo, sí beneficia la propiocepción, eliminándose el sesgo. Además, se observa evidencia

de heterogeneidad que puede ser relevante y, por lo tanto, la misma se deberá explicar por medio del análisis de variables moderadoras, que se mostrará más adelante.

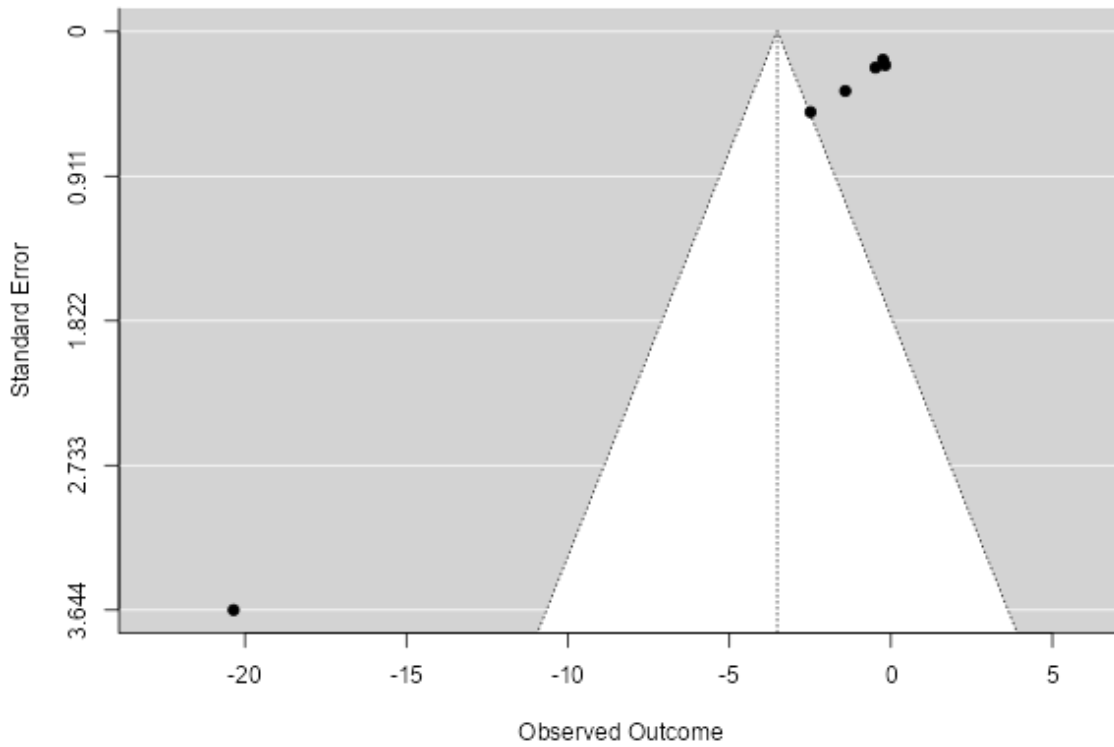
### Figura 14

Gráfico de bosque corregido sin el estudio de Grueva- Pancheva et al., 2020, del meta análisis sobre el efecto del ejercicio en propiocepción en deportistas con inestabilidad de tobillo. Tamaños de efecto (TE) pre v.s. post test. Datos de grupos experimentales



**Figura 15**

*Gráfico de embudo de meta análisis sobre el efecto del ejercicio sobre la propiocepción en deportistas con inestabilidad de tobillo. Tamaños de efecto (TE) pre v.s. post test. Datos de grupos experimentales*



**Tabla13**

*Datos de grupos controles. Resumen de meta análisis sobre el efecto del ejercicio sobre balance, propiocepción y fuerza en deportistas con inestabilidad del tobillo. Tamaños de efecto (TE) pre v.s. post test.*

VD	k	n de TE	TE pp	EE	Intervalos de confianza		Q	I <sup>2</sup>	Test de Egger (p)
					IC-	IC+			
Balance	6	6	0.00961	0.224	-0.429	0.448	17.650 (p=0.003)	73.15%	0.175
Fuerza	3	3	0.211	0.152	-0.086	0.508	16.394 (p <0.001)	87.8%	<0.001
Propiocepción	2	2	-0.175	0.187	-0.542	0.192	0.011 (p 0.917)	0%	0.917

**Notas:** VD: variable dependiente; k: cantidad de estudios; n de TE: cantidad de tamaños de efecto (TE); TEpp: tamaño de efecto promedio ponderado; EE: error estándar; \*: los resultados del estadístico I<sup>2</sup> se presentan en porcentajes; test de Egger (p): valor p de la regresión de Egger (prueba de sesgo). Se presentan resultados del modelo de meta- análisis de efectos aleatorios de máxima verosimilitud restringida para los efectos en la variable balance. En el caso del meta análisis de las variables fuerza y propiocepción se aplicó el modelo de meta- análisis de efectos fijos.

Se concluye que los 3 estudios en los grupos control, al interpretar los intervalos de confianza se observa que el tamaño de efecto promedio puede tener un valor de 0 con 95% de confianza; es decir, se concluiría para los 3 casos que no hay una evidencia de que haya existido alguna afectación en los valores de balance, fuerza o propiocepción para los grupos control. Lo cual está bien porque quiere decir que no hay evidencia de alguna variable extraña que sería la responsable de que hubiera existido algún efecto porque como son controles no hacen ejercicio.

Sin embargo, la evidencia no es fuerte porque se tuvo pocos estudios que tuvieran grupo control, lo cual es una debilidad importante a nivel metodológico para esta área de investigación.

## **Variables moderadoras de los efectos del ejercicio físico, en deportistas con inestabilidad de tobillo**

Se procedió a realizar análisis de posibles variables moderadoras del efecto del ejercicio para los tres meta análisis, dado que existió evidencia de heterogeneidad en esos resultados, siendo necesario explicarla. Dada la naturaleza de las variables moderadoras, se examinó por separado aquellas que eran categóricas (grupos) y las continuas (puntaje, porcentajes, unidades de medida). Seguidamente se presenta un listado de las posibles variables moderadoras que fueron analizadas.

### **Variables categóricas:**

- Tipo de ejercicio: Balance=1; Fuerza= 2 y Propiocepción= 3
- Instrumento: test específicos empleados para evaluar cada una de las variables dependientes en los estudios meta analizados.

### **Variables moderadoras continuas**

- Edad: (años)
- Duración de la intervención: (semanas)
- Frecuencia: (días)
- Cantidad de sesiones: (sesiones totales)
- Duración de la sesión: (minutos)

## VARIABLES MODERADORAS SOBRE LOS EFECTOS DE EJERCICIO DE BALANCE EN DEPORTISTAS CON INESTABILIDAD DE TOBILLO

**Tabla 14**

*ANOVA análogo. Análisis de variables moderadoras categóricas. Meta análisis de efectos del ejercicio sobre el balance en deportistas con inestabilidad del tobillo. Datos derivados de grupos experimentales*

Variables moderadoras	Niveles	TE	N	95% de confianza		Qb	gl
				IC-	IC+		
Frecuencia semanal	2 días	0,37	6	0,14	0,59	0,83	1
	3 días	0,49	15	0,35	0,63		
Tipo de ejercicio	Balance	0,46	9	0,29	0,64	3,50	2*
	Fuerza	0,20	3	-0,06	0,47		
	Balance y fuerza	0,51	8	0,31	0,71		
	Balance y propiocepción	1,80	1	0,96	2,65		
Tipo de test o prueba	1Stars	0,55	9	0,36	0,75	15,25	3**
	2Test de balance Y	0,19	4	-0,04	0,41		
	3Foot ankle disability index	0,61	1	0,25	0,97		
	4Biodex balance system	0,89	4	0,56	1,23		
	5Test de tiempo en balance	0,20	3	-0,13	0,53		

*Notas:* Si  $Qb > \chi^2$  (con mínimo 95% de confianza, con "niveles" - 1 gl), implica que los TE de los niveles que se compara son heterogéneos (existen diferencias entre al menos dos de ellos). Valores críticos de  $\chi^2$ : para  $gl=1$  (95% de confianza) es 3,84; para  $gl=2$  (95% de confianza) es 5,99; para  $gl=3$  (99% de confianza) es 11,34. Se aprecia en la tabla que el Qb de frecuencia semanal, no superó el valor crítico correspondiente y por tanto, para este caso, se acepta  $H_0$  (los TE de los niveles respectivos de la variable moderadora examinada son relativamente homogéneos). \*Al examinar el efecto moderador del tipo de ejercicio, se encontró que el ejercicio que combinaba balance y propiocepción, tiene efecto mayor a los otros tres tipos de ejercicio, pero solo tenía un TE, por lo que se excluyó del análisis, resultando así, que el tipo de ejercicio tampoco superó el valor crítico de  $\chi^2$  para 95% de confianza. \*\*El tipo de test o prueba sí evidenció efectos moderadores estadísticamente significativos, con 99% de confianza (se dejó por fuera del análisis al único TE del test Foot ankle disability index, que por sí solo tuvo efecto moderado y estadísticamente significativo). El test omnibus (post hoc) mostró que la evaluación del balance con los test Stars y Biodex balance system, tuvo efectos superiores a los otros test (diferencias estadísticamente significativas entre 1 vs. 2; 2 vs. 4; 4 vs. 5), lo cual evidencia que el tipo de método que se use para evaluar el balance en los estudios, influye en la magnitud del efecto que el ejercicio físico puede tener en el balance de los deportistas lesionados del tobillo.  $n$ = cantidad de tamaños de efecto.

Tanto en los estudios donde se hacía 2 o 3 días por semana de ejercicio se obtienen efectos distintos de 0, aunque tienden a estar entre pequeños y moderados. En

otras palabras, van a tener un efecto favorable de tratamiento ya sea haciendo tratamiento 2 o 3 veces por semana.

Tipo de ejercicio: al ser ejercicio de balance tuvo un efecto beneficioso en balance (especificidad).

En los estudios donde se aplicó fuerza como entrenamiento no hay un efecto sobre el balance.

### **Análisis de variables moderadoras continuas**

Para conocer el efecto de las variables moderadoras continuas, se utilizó la regresión de mínimos cuadrados ponderados, tomando como variable dependiente a los tamaños de efectos corregidos individuales, como variables independientes a las variables moderadoras métricas y como factor de ponderación se utilizó el inverso de la varianza de los tamaños de efectos individuales.

**Tabla 15.**

*Regresión de mínimos cuadrados ponderados. Análisis de variables moderadoras continuas. Meta análisis de efectos del ejercicio sobre el balance en deportistas con inestabilidad del tobillo. Datos derivados de grupos experimentales*

Vm	Beta no estandarizada	Error típico corregido	Intervalos de Confianza (95%)		Z*
			IC-	IC+	
Edad (años)	-0,051	0,028	-0,106	0,004	-1,81
Peso (kg)	-0,010	0,010	-0,031	0,011	-0,95
<sup>a</sup> Total de sesiones	0,041	0,027	-0,012	0,094	1,53
Semanas de tratamiento	-0,088	0,055	-0,196	0,020	-1,60

*Notas:* Vm= variable moderadora continua. Z\*= si el valor absoluto de Z>1,96 entonces la VM tiene efecto estadísticamente significativo al 95% de confianza. <sup>a</sup>=cantidad de sesiones multiplicada por cantidad de semanas de tratamiento con alguna modalidad de ejercicio físico. Se aplicó un modelo de regresión múltiple, con las cuatro Vm como predictoras.

Con respecto a las posibles variables moderadoras, según se aprecia en la tabla 15, la frecuencia (días por semana) del ejercicio aplicado como tratamiento en los

estudios y el tipo de ejercicio físico realizado, no evidenciaron efecto moderador con al menos 95% de confianza, con respecto al efecto del ejercicio en el balance. Así mismo, como se ve en la tabla 7, la edad, el peso, la cantidad total de sesiones de ejercicio y las semanas de tratamiento, no evidenciaron efectos moderadores estadísticamente significativos. En síntesis, solo el tipo de test o prueba empleada para evaluar el balance, tuvo efecto moderador sobre los efectos del ejercicio físico en el balance.

## VARIABLES MODERADORAS SOBRE LOS EFECTOS DE EJERCICIO DE FUERZA EN DEPORTISTAS CON INESTABILIDAD DE TOBILLO

**Tabla 16**

*ANOVA análogo. Análisis de variables moderadoras categóricas. Meta análisis de efectos del ejercicio sobre la fuerza en deportistas con inestabilidad del tobillo. Datos derivados de grupos experimentales*

Variables moderadoras	Niveles	TE	N	95% de confianza		Qb	gl
				IC-	IC+		
Frecuencia semanal	2 días	0,14	1	-0,24	0,52	7,003	1*
	3 días	0,71	8	0,51	0,91		
Tipo de ejercicio	Balance	0,17	1	-0,34	0,68	7,85	1**
	Fuerza	0,33	3	0,08	0,59		
	Balance y fuerza	0,88	4	0,59	1,17		
	Fuerza y propiocepción	2,40	1	1,43	3,36		
Tipo de test o prueba	<sup>1</sup> SFSE	0,57	1	0,12	1,03	8,47	1***
	<sup>2</sup> MMT	2,40	1	1,43	3,36		
	<sup>3</sup> FI	0,83	3	0,50	1,15		

<sup>4</sup> FA	1,13	1	0,46	1,79
<sup>5</sup> FIS	0,21	3	-0,06	0,47

*Notas:* Si  $Q_b > \chi^2$  (con mínimo 95% de confianza, con "niveles" - 1 gl), implica que los TE de los niveles que se compara son heterogéneos (existen diferencias entre al menos dos de ellos). Valores críticos de  $\chi^2$ : para  $g/=1$  al 95% de confianza es 3,84 y al 99% es 6,63. \*El  $Q_b$  de la frecuencia semanal de ejercicio, superó el valor crítico de  $\chi^2$  para 99% de confianza, observándose que el ejercicio más frecuente (3 veces por semana) promueve mejoras estadísticamente significativas en la fuerza, a diferencia de ejercitarse solo 2 días por semana, pero estos resultados no son concluyentes pues esta última categoría solo tenía un TE. \*\*El tipo de ejercicio, también evidenció efecto moderador estadísticamente significativo (99% de confianza), encontrándose que el ejercicio que combinaba balance y fuerza, tuvo mayor efecto que el ejercicio específico de fuerza, pero solo se pudo comparar estas dos modalidades, pues las otras dos aplicadas en los estudios (solo balance y combinación de fuerza y propiocepción), tenían solo un TE cada una, por lo que se excluyeron del análisis comparativo. \*\*\*El tipo de test o prueba aplicado en los estudios para medir la fuerza, también evidenció efectos moderadores estadísticamente significativos (99% de confianza), pero de las cinco modalidades, solo se pudo comparar la prueba de fuerza isométrica con la evaluación de fuerza isocinética, al ser las únicas que tuvieron más de un TE, encontrándose que la fuerza mejoraba solo en los estudios en que se midió fuerza isométrica.  $n$ = cantidad de tamaños de efecto. Test para medir la fuerza: 1= strength and force sense errors; 2= Manual Musc Test; 3= fuerza isométrica; 4= fuerza abdominal; 5= fuerza isocinética.

**Tabla 17**

*Regresión de mínimos cuadrados ponderados. Análisis de variables moderadoras continuas. Meta análisis de efectos del ejercicio sobre la fuerza en deportistas con inestabilidad del tobillo. Datos derivados de grupos experimentales*

Vm	Beta no estandarizada	Error típico corregido	Intervalos de Confianza (95%)		Z*
			IC-	IC+	
Edad (años)	0,027	0,158	-0,119	0,173	0,36
<sup>a</sup> Total de sesiones	-0,021	0,035	-0,053	0,011	-1,28

*Notas:* Vm= variable moderadora continua. Z\*= si el valor absoluto de  $Z > 1,96$  entonces la VM tiene efecto estadísticamente significativo al 95% de confianza. <sup>a</sup>=cantidad de sesiones multiplicada por cantidad de semanas de tratamiento con alguna modalidad de ejercicio físico. Se aplicó un modelo de regresión múltiple, con las dos Vm como predictoras.

Como se aprecia en la tabla 16, la frecuencia semanal de ejercicio (días por semana), el tipo de ejercicio realizado y la modalidad de evaluación de la fuerza, evidenciaron efecto moderador con 99% de confianza, con respecto al efecto del ejercicio en la fuerza. Pero, en la frecuencia de ejercicio una de las categorías (2 veces por semana) solo tuvo un TE, por lo cual este resultado no sería concluyente.

Además, de las cuatro modalidades de ejercicio y de las cinco formas de medición de la fuerza, en ambos casos solo se pudo comparar dos categorías que tuvieron más de un TE. Por otro lado, como se observa en la tabla 15, la edad y la cantidad total de sesiones de ejercicio no evidenciaron efectos moderadores estadísticamente significativos (95% de confianza) para los resultados del meta análisis de fuerza.

## VARIABLES MODERADORAS SOBRE LOS EFECTOS DE EJERCICIO DE PROPIOCEPCIÓN EN DEPORTISTAS CON INESTABILIDAD DE TOBILLO

**Tabla 18**

*ANOVA análogo. Análisis de variables moderadoras categóricas. Meta análisis de efectos del ejercicio sobre la propiocepción en deportistas con inestabilidad del tobillo. Datos derivados de grupos experimentales*

Variables moderadoras	Niveles	TE	n	95% de confianza		Qb	gl
				IC-	IC+		
Tipo de ejercicio	1) Balance, fuerza y propiocepción	-0,29	2	-0,64	0,06	0,06	1*
	2) Balance y propiocepción	-0,48	3	-0,76	-0,20		
	3) Fuerza y propiocepción	-2,49	1	-3,48	-1,49		
	Agrupación 1 + 3	-0,53	3	-0,86	-0,20		
Tipo de test o prueba	1) Stork test	-20,35	1	-27,49	-13,21	25,68	1*
	2) Postural sway	-0,28	3	-0,51	-0,06		
	3) Reposicionamiento articular	-1,41	1	-2,14	-0,68		
	4) Joint ankle reset test	-2,49	1	-3,48	-1,49		
	Agrupación 1 + 3 + 4	-1,92	3	-2,51	-1,33		

*Notas:* Si  $Q_b > \chi^2$  (con mínimo 95% de confianza, con "niveles" - 1  $g$ ), implica que los TE de los niveles que se compara son heterogéneos (existen diferencias entre al menos dos de ellos). Valores críticos de  $\chi^2$ : para  $g/1$  (95% de confianza) es 3,84; para  $g/1$  (99% de confianza) es 6,63. Se aprecia en la tabla que el  $Q_b$  del tipo de ejercicio, no superó el valor crítico correspondiente y por tanto, para este caso, se acepta  $H_0$  (los TE de los niveles respectivos de la variable moderadora examinada son relativamente homogéneos). En cuanto al tipo de test o prueba para evaluar la propiocepción en los estudios metaanalizados, se observa  $Q_b > \chi^2$  por lo que, en este caso, hay evidencia de efecto moderador del tipo de test. \*Debido a que una o más categorías quedaban con un único TE, se procedió a agrupar las categorías con menos TE (en el tipo de ejercicio, se compara el ejercicio combinado de balance y propiocepción vs. las combinaciones de ejercicio en donde se incluía el entrenamiento de fuerza; en el tipo de test se comparó el postural sway vs. los otros test).  $n$ = cantidad de tamaños de efecto.

**Tabla 19**

*Regresión de mínimos cuadrados ponderados. Análisis de variables moderadoras continuas. Meta análisis de efectos del ejercicio sobre la propiocepción en deportistas con inestabilidad del tobillo. Datos derivados de grupos experimentales*

Vm	Beta no estandarizada	Error típico corregido	Intervalos de Confianza (95%)		Z*
			IC-	IC+	
Edad (años)	-0,061	0,046	-0,15	0,03	-1,32
Frecuencia semanal	-1,665	0,300	-2,25	-1,08	-5,55
Semanas de tratamiento	-1,476	0,232	-1,931	-1,021	-6,36

*Notas:* Vm= variable moderadora continua. Z\*= si el valor absoluto de  $Z > 1,96$  entonces la VM tiene efecto estadísticamente significativo al 95% de confianza. Se aplicó un modelo de regresión múltiple, con las tres Vm como predictoras.

Según se aprecia en la tabla 18, el tipo de ejercicio físico realizado (ejercicio combinado de balance y propiocepción vs. las combinaciones de ejercicio en donde se incluía el entrenamiento de fuerza), no evidenció efecto moderador con al menos 95% de confianza, con respecto al efecto del ejercicio en la propiocepción. Es decir que, se obtiene efecto de mejora en la propiocepción tanto en los estudios donde se aplicaba ejercicio combinado de balance y propiocepción como en los estudios donde se realizaba la combinación de ejercicio de fuerza con balance y propiocepción.

Con respecto al tipo de test aplicado en los estudios para evaluar la propiocepción, se observa que esta condición puede moderar los efectos del

ejercicio en la propiocepción, según como se agrupan los estudios. Como se observa en la tabla 18, las evaluaciones realizadas con cada uno de los cuatro test reportados en los estudios, generaron *TE* distintos de cero y que se interpretan como efectos de mejora de la propiocepción. Pero al comparar el *TE* de los estudios que usaron el postural sway contra los *TE* de los otros test, se observa que estos en conjunto generan un efecto mayor.

Como se ve en la tabla 19, la edad, no tuvo efecto moderador significativo. Pero la frecuencia semanal (días por semana de ejercicio) y las semanas de tratamiento, sí evidenciaron efectos moderadores estadísticamente significativos. Es decir, a mayor frecuencia semanal o a mayor cantidad de semanas de ejercicio, mayor era la mejora de la propiocepción.

Por lo tanto, el ejercicio aplicado a deportistas con inestabilidad del tobillo, sí beneficia el balance y la propiocepción. Sin embargo, no hay evidencia de que el ejercicio afecte la fuerza en sujetos con inestabilidad de tobillo.

## Capítulo V

### DISCUSIÓN

El propósito del presente estudio fue examinar el efecto de distintos tipos de ejercicio sobre el balance, fuerza y propiocepción, en deportistas con inestabilidad de tobillo.

En total se realizaron tres meta análisis en tres variables dependientes: balance, fuerza y propiocepción. En términos generales, se encontró que hay evidencia de mejora en el balance de los deportistas con inestabilidad de tobillo, debido al ejercicio físico (sin especificar un tipo particular), pero no se identificó una mejora en la fuerza y la propiocepción, en sus respectivos meta análisis. Sin embargo, se halló evidencia de heterogeneidad relevante que se tenía que explicar mediante un análisis de variables moderadoras, y que se va discutir más adelante. En cuanto al resultado identificado de mejora en el balance, también había evidencia de heterogeneidad, por lo que, se debió identificar variables que pudieran moderar estos resultados.

En los tres meta análisis se examinó el posible efecto moderador de las siguientes variables: el tipo de ejercicio (balance, fuerza, propiocepción y las combinaciones posibles en los estudios), la frecuencia semanal de ejercicio (cantidad de veces que realizaban el entrenamiento por semana), cantidad de semanas de ejercicio, total de sesiones, prueba de medición (los distintos test que se utilizaron para medir la variable balance, fuerza o propiocepción, según correspondiera) y la edad de los sujetos.

En el meta análisis del balance se examinó el tipo de ejercicio como variable moderadora, sin embargo, el correspondiente análisis de seguimiento no identificó efecto moderador estadísticamente significativo. Hubo evidencia de un solo estudio (Vásquez et al., 2022) en el que aplicaron ejercicio de balance y propiocepción (combinados), observándose que hubo efecto distinto de cero y de magnitud grande

en esta categoría. Pero al ser sólo un estudio, no se podía hacer la comparación contra las demás categorías de ejercicio entre las cuales sí se aplicó el correspondiente ANOVA análogo. Al realizar este análisis, no se encontró diferencias en el efecto del ejercicio específico de balance, el ejercicio específico de fuerza y el ejercicio combinado de balance y fuerza. Sin embargo, como se aprecia en la tabla 13, el ejercicio de balance y la combinación de balance y fuerza evidenciaron efecto distinto de cero y de magnitud moderada. Por tanto, de las cuatro categorías de ejercicio observadas en los estudios, sólo el ejercicio de fuerza parece tener un efecto nulo sobre la capacidad de balance de los deportistas con inestabilidad de tobillo, pero la magnitud del efecto de esta forma de ejercicio, no se distinguió significativamente del efecto del ejercicio balance y de la combinación de balance y fuerza.

En términos generales, entrenar específicamente solo balance, o entrenar la combinación de balance y fuerza, puede generar algún efecto en lo que sería el balance.

Como se ha citado anteriormente, el balance requiere del concurso de muchas estructuras del sistema nervioso central y esto tiene relación con los procesos que estimulan la propiocepción, dado que se requiere información del propio organismo y que esto va a estimular que se pueda mejorar el control de la postura, activando diversos músculos, procesos que no son conscientes (Tarantino, 2004).

El sistema nervioso central y la actividad neuromuscular, son determinantes de los mecanismos que regulan el balance. El cuerpo humano necesita la actividad física para mantener una serie de funciones básicas. Mover el cuerpo mientras se hace ejercicio requiere de una activación cerebral generalizada, aparte de coordinar el movimiento de los músculos implicados en el movimiento que se realice, el cerebro coordina las funciones corporales necesarias para que los músculos funcionen correctamente, aumenta el flujo sanguíneo, el consumo de glucosa, la respiración el ritmo cardíaco, la capacidad del sistema sensorial, entre otros (Barrios y López, 2011).

El balance está relacionado directamente con la propiocepción. Este sistema a su vez está sustentado por la musculatura, las articulaciones y receptores cutáneos que integran información del estado del sistema efector (fuerza, tensión, orientación, posición de los miembros) e información del ambiente (distribución de la presión, el contacto con la superficie, y otros). Esta información se transmite al cerebro, donde es procesada y donde posteriormente se elabora y se manda respuestas del ajuste de la posición a distintos tejidos blandos que se encargan de regular la posición del cuerpo y otras funciones importantes para el balance (Gimeno et al., 2021).

Estos sistemas esenciales para el balance, brindan información somatosensorial. Cuando han sufrido un daño producen ciertas lesiones, por lo tanto, sistema propioceptivo se ve alterado, y por ende se afecta información somatosensorial. Estas alteraciones sobre el sistema podrían generar nuevas lesiones. Y como se ha mencionado anteriormente el sistema propioceptivo se puede entrenar para mejorar la propiocepción, tras lesiones o en ciertas patologías como las derivadas de diversas lesiones del sistema nervioso central (Gimeno et al., 2021).

Según lo que se ha comentado previamente, la combinación de ejercicio específico de balance y de propiocepción, debería estimular mayores efectos en la capacidad de balance. Esto se observó justamente en el estudio de Vásquez et al. (2022), donde se obtuvo un tamaño de efecto de esta combinación de ejercicios, de magnitud grande. Y como explican otros autores (Prieto et al., 2019), la combinación de balance y propiocepción, involucra mayor estimulación de diversas estructuras nerviosas en comparación con la realización de ejercicio de balance o de propiocepción por separado. Sin embargo, esta evidencia no es concluyente en el presente estudio, dado que el estudio de Vásquez et al. (2022), solo aportó un tamaño de efecto y ningún otro estudio que midiera el balance, aplicó la combinación de estas dos formas de ejercicio. Por lo tanto, es necesario contar con más estudios experimentales con este diseño, que permitan verificar este posible efecto. De este modo, prevalecería la conclusión de que indistintamente que se utilice el ejercicio específicamente de balance o su combinación, hay un efecto de mejora en el balance que no sería explicado por un tipo específico de ejercicio.

Por otro lado, en el análisis de posibles variables moderadoras, además de lo mencionado sobre el tipo de ejercicio, la frecuencia semanal de ejercicio, tampoco tuvo un efecto moderador. Solo el test de medición tuvo un efecto moderador del resultado del meta análisis del balance, donde se observa en la tabla 13, que cuando se evalúa el balance con la prueba Stars y la prueba Biodex, se generó tamaños de efecto mayores en comparación a los otros. Por lo tanto, el tipo de método que se usa para evaluar el balance en los estudios, influye en la magnitud del efecto. Incluso cuando se aplicaba algunas pruebas como el test de balance Y o el test de tiempo de balance, no se evidenció un efecto distinto de cero. Eso se podría explicar por las características de los instrumentos, en donde el test Stars utiliza el equilibrio en una pierna y se mide distancia de la otra pierna (Donovan et al., 2016) y el test Biodex, mide estabilidad en una pierna en el centro de la plataforma y su otra pierna en flexión de 90° (Youssef et al., 2018). Además, hay que tener en cuenta que solamente había un estudio donde se aplicó el test Foot Ankle Disability Index (De Ridder et al., 2015), donde su tamaño de efecto es distinto de cero, pero era solo un estudio.

La fuerza, como magnitud física, describe la interacción mecánica entre los cuerpos. La fuerza muscular, se define como la capacidad funcional relacionada con la cantidad de tensión generada y transmitida desde el sistema neuromuscular a una velocidad de movimiento específica. Por lo tanto, sistema propioceptivo tiene objetivos como el mantener el equilibrio estático y dinámico y proteger a los músculos, ligamentos y tendones de las distintas regiones del cuerpo (Fernández, 2013).

En el meta análisis de la variable de fuerza también se examinaron las mismas variables moderadoras que para el balance. Se pudo observar (tabla 16) la frecuencia semanal de ejercicio (días por semana), el tipo de ejercicio realizado y la modalidad de evaluación de la fuerza, obtuvieron un efecto moderador alto, con respecto al efecto del ejercicio en la fuerza. Esto debido a que realizar un entrenamiento de fuerza más veces por semana resultaba más beneficioso, sin embargo, resulta un poco concluyente en el estudio de Kim y Jeon (2016) porque

solo tenía un tamaño de efecto. En este meta análisis cabe destacar que todos los estudios realizaron ejercicio combinado menos el estudio de Smith et al. (2018).

Además, en los test de medición aplicados, en su mayoría tuvieron un tamaño de efecto, solamente se observó específicamente en los test de fuerza isométrica (Powden et al., 2019) y test de fuerza isocinética (Park et al., 2020) con tres estudios cada uno, lo cual le da mayor fuerza al resultado. Por otro lado, la variable moderadora edad y total de sesiones no evidenciaron efectos significativos.

La propiocepción y balance son dos de las manifestaciones del control motor y se observan durante la vida cotidiana, actividades deportivas y prevención de lesiones. La propiocepción es un estado funcional de articulaciones y músculos que nos permiten ser conscientes de los movimientos o la posición de muchas partes del cuerpo o de responder de manera inconsciente a la modificación involuntaria de la posición articular para mantener el equilibrio, el tono muscular o la coordinación muscular. El balance se define como la capacidad para mantener el centro de masa corporal dentro de la base de sustentación. En la actualidad, el entrenamiento o la estimulación de la propiocepción y el balance juegan un papel muy importante en la readaptación y rehabilitación deportiva, ya que son claves en la prevención de lesiones (Nieto, 2022).

Como se muestra en el meta análisis de la variable propiocepción, no se observó un efecto moderador del tipo de ejercicio, pero, al combinar el ejercicio de balance, fuerza y propiocepción junto con el ejercicio de fuerza y propiocepción, estas modalidades sí tuvieron un efecto distinto de cero, por lo tanto, sí hubo una mejoría. Además, los estudios no realizaban específicamente ejercicio de propiocepción, sino, que en todos los casos lo que se hacía era combinar ejercicio propiocepción con algo más.

Y combinaciones donde hay fuerza como un componente, como las combinaciones que excluyen la fuerza tienen efectos de mejora, siempre utilizando la propiocepción y el balance como tipo de ejercicio. Lo cual quiere decir que, agregar fuerza no aporta una ventaja ni va perjudicar el resultado de mejoría. Esto se podría explicar dado que la propiocepción tiene la capacidad de percibir la posición del organismo

y el movimiento de sus estructuras que intervienen en las actividades motoras, como los músculos, articulaciones, entre otros. Lo cual permite una mejora y perfeccionamiento de ciertas cualidades físicas y potencia como la coordinación, y mejorar el balance estático y dinámico en procesos de recuperación, correcta ejecución del gesto deportivo (Prieto et al. 2019).

Se esperaba que al agregar entrenamiento de fuerza al estudio mejoraran su coordinación neuromuscular, se obtuviera mayor reclutamiento de unidades motoras, mejor, en otras palabras, una mejor calidad/cantidad en la inervación de las fibras musculares, y de tal manera favoreciera la propiocepción a la hora de recuperación (Fernández, 2013).

Que habría pasado si solo se entrenara propiocepción, efecto de menor magnitud, esto queda a la duda, dado que ningún estudio que se revisión tenían solo la propiocepción en su intervención.

En los tipos de test también se observó un efecto moderador de los resultados del meta análisis de propiocepción. Este efecto consistió en que los estudios que usaban el test postural Sway (Eils et al., 2001 y Lee et al., 2013), tenían un tamaño de efecto mayor, por lo cual en futuros estudios se debe tener en cuenta que según el test que se emplee, la magnitud del efecto del ejercicio podría variar considerablemente.

Otro efecto moderador en el meta análisis de propiocepción, fue el de la frecuencia semanal, lo cual indica que a mayor frecuencia semanal o a mayor cantidad de semanas de ejercicio, mayor era la mejora de la propiocepción.

En el meta análisis de la variable balance un problema que se detectó fue que había estudios que tenían efectos extremos (Vásquez et al., 2022 y Youseff et al., 2018) y esto contribuyó a la heterogeneidad observada en estos resultados y que debió ser controlada por la técnica de Trim and Fill y se obtuvo un efecto distinto de cero por lo cual indica que el ejercicio aplicado a deportistas con inestabilidad de tobillo mejora su balance. Así mismo, al aplicar esta técnica para la variable propiocepción

por persistir su sesgo, se obtuvo un efecto distinto de cero lo cual indica que el ejercicio aplicado a deportistas con inestabilidad de tobillo mejora su propiocepción.

Las implicaciones de esto podrían deberse a que el estudio de Vásquez et al. (2022), fue el único estudio que evaluaba el balance y la propiocepción, además, el grupo control tuvo un aumento de rendimiento de pre a post test. También, se reporta una muerte experimental por ausencia a sesiones de entrenamiento.

Mientras que, en el caso de propiocepción, su mejoría fue únicamente para el grupo experimental (Vásquez et al., 2022).

En el caso del estudio de Youseff et al. (2018), su grupo control no tuvieron diferencias estadísticamente significativas como si lo hubo en el estudio de Vásquez et al. (2022). Además, reportaron tres sujetos fuera del estudio por no conocer los criterios de inclusión.

Por lo tanto, como mencionan los autores Rodríguez et al. (2023) el tener un control del balance es importante ya es regulado fisiológicamente por el sistema nervioso central. Y esto también nos lleva al sentido del equilibrio quien es quien nos da lo que se llama conciencia espacial.

En el caso de la propiocepción se presentó el estudio de Grueva- Pancheva, con datos extremos, cuyos resultados se observa que a mayor entrenamiento propioceptivo mejora su equilibrio estático, entonces, dentro de uno de los datos extremos que se observa en esta variable sería el tiempo, ya que en este estudio resulta inverso a los otros, ya que ente más segundos realizaban de pre test a post test significaba que había un aumento de propiocepción, mientras, que en los otros estudios la disminución de puntajes de pre a post indicaban una mejoría de su propiocepción.

Y como ya se ha investigado el entrenamiento del balance y de la propiocepción van de la mano para el manejo de lesiones recurrentes de tobillo, por lo tanto, el control neuromuscular del tobillo es muy importante para el control postural durante equilibrio dinámico y el entrenamiento del control propioceptivo y neuromuscular

para el equilibrio es una parte necesaria de los tratamientos para las personas con CAI (Lapanantasin et al., 2022).

A nivel metodológico se observó que la mayoría de estudios incluidos en los metaanálisis, tenían diseños aleatorizados y controlados. Además, se reportó datos estadísticos necesarios para el análisis respectivo y más del 85% de sujetos finalizaron los estudios. Pero se encontró algunas deficiencias metodológicas. Entre estas se podrían citar que en su mayoría no hubo ocultamiento de asignación de participantes ni cegamiento del evaluador.

Además, dos estudios tuvieron bajos puntajes metodológicos, como lo fue el estudio de Grueva-Pancheva (2021), los problemas metodológicos detectados fueron aleatorización de sujetos, ocultamiento de asignación de participantes, grupos sin diferencia estadística en pre test, análisis de intención a tratar (no lo definían bien), no tenían cegamiento del evaluador, no reportaron efectos adversos para cada grupo, ni hubo ajuste de la intensidad del ejercicio, obteniendo este estudio una puntuación de 7/15 y el estudio de Lee et al. (2013), sus problemas metodológicos fueron la ausencia de aleatorización de sujetos, ocultamiento de asignación de participantes, grupos sin diferencia estadística en pre test, análisis de intención a tratar, cegamiento del evaluador, efectos adversos para cada grupo, ajuste de la intensidad del ejercicio, asistencia a las sesiones completas, además, el nivel de actividad del grupo control no lo mencionas, obteniendo una puntuación de 5/15. El resto de estudios obtuvieron puntuaciones por encima de 8/15 puntos.

En síntesis, se encontró que el ejercicio aplicado en deportistas lesionados del tobillo, es seguro para esta población y genera mejoras en el balance y la propiocepción de estos sujetos.

Además, se evidenció mejoras en la fuerza en estos deportistas, según la modalidad de frecuencia semanal, tipo de ejercicio y tipo de test o prueba. Asimismo, las mejoras en balance se dan indistintamente de la modalidad de ejercicio que se aplique. Pero el efecto en el balance varía en función del tipo de test. También hubo efecto moderador del tipo de test, en los efectos del ejercicio en la propiocepción.

La evidencia meta analizada indica que el ejercicio físico integrando los componentes de balance, fuerza y propiocepción, puede favorecer las cualidades físicas y motoras de deportistas con inestabilidad del tobillo. Pero aún se necesita profundizar más en esta línea de estudio, con diseños experimentales aleatorizados y controlados, dado que predominan los diseños con un único grupo de intervención y sin control siendo esta una limitante importante para las conclusiones que se derivan del presente estudio.

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES

Después de haber analizado la evidencia, se podría decir que:

- Hay evidencia de que el ejercicio aplicado en deportistas lesionados del tobillo, es seguro para esta población y genera mejoras en el balance y la propiocepción de estos sujetos.
- Además, se evidenció mejoras en la fuerza en estos deportistas, según la modalidad de frecuencia semanal, tipo de ejercicio y tipo de test o prueba.
- Durante toda la búsqueda analizada, no se encontró en ningún estudio la recurrencia de lesiones, por lo tanto, son actividades seguras para el deportista.
- Entrenar específicamente solo balance, o entrenar la combinación de balance y fuerza, puede generar algún efecto positivo en lo que sería el balance.
- La evaluación del balance con la prueba Stars y la prueba Biodex, generó tamaños de efecto mayores en comparación a los otros. Por lo tanto, estos métodos influyen más sobre el efecto.
- Entrenar fuerza y balance tiene un efecto mayor sobre la variable fuerza, y realizar ejercicio 2 veces por semana resulta también más efectivo (aunque este último dato solo fue reportado en un estudio).
- Para la variable propiocepción se encontró que al combinar el ejercicio de balance, fuerza y propiocepción junto con el ejercicio de fuerza y propiocepción obtuvieron una mejoría. En los tipos de test empleados para medir esta variable, se observó un efecto moderador que consistió en que el TE fue mayor cuando se usaba el test postural Sway. Además, se encontró que entrenar más veces por semana resultaba más beneficioso para la propiocepción.

- La principal debilidad metodológica que se observó en los estudios meta analizados, fue que en su mayoría no realizaban cegamiento del investigador ni el ocultamiento de asignación de participantes, lo cual podría afectar los resultados. Tampoco reportaban análisis de la intención a tratar y en muchos estudios no reportaban la actividad del grupo control (el cual estaba ausente en varios de los estudios).

## **CAPITULO VII**

### **RECOMENDACIONES**

- Futuros estudios deben ampliar el análisis en sujetos femeninos y presentar los resultados separados por sexos, dado que en los estudios revisados predominaron sujetos masculinos y además, en los casos en que había sujetos femeninos y masculinos, sus resultados se presentaban de forma combinada, impidiendo examinar un posible efecto moderador del sexo de los participantes.
- Otro aspecto que sería interesante examinar en distintos estudios sería el tipo de disciplina practicada, dado que esto no se pudo incluir en el análisis de variables moderadoras, debido a la heterogeneidad de esta información o incluso la falta de especificación de la misma en varios de los estudios que se revisó.
- Los estudios deberían en su mayoría presentar grupo control y experimental, cosa que no sucede en todos los estudios analizados.
- Los estudios deberían establecer más detalladamente las variables que se están evaluando. Por ejemplo, se observó falta de claridad en la definición de la variable dependiente en alguno de los estudios, mientras que en algunos casos tampoco estaba bien clara las características de la intervención, debiendo recurrirse a una revisión detallada de todo el artículo para poder comprender mejor estos aspectos, que deberían estar explicados de forma más sencilla en la metodología.

## REFERENCIAS

- Abreus, J; González, V. y del Sol, F. (2016). Abordaje de la capacidad física equilibrio en los adultos mayores. *Revista Finlay*, 6(4).
- Anguish, B., & Sandrey, M. A. (2018). Two 4-Week Balance-Training Programs for Chronic Ankle Instability. *Journal of athletic training*, 53(7), 662–671.  
<https://doi.org/10.4085/1062-6050-555-16>
- Barrios, L. y López, M. (2011). Aportes del ejercicio físico a la actividad cerebral. Lecturas: Educación Física y Deportes, *Revista Digital. Buenos Aires*, 16(160, septiembre). <http://www.efdeportes.com/efd160/aportes-del-ejercicio-fisico-a-la-actividad-cerebral.htm>
- Becker, B. J. (1988). Synthesizing standardized mean-change measures [Sintetizar medidas estandarizadas de cambio de medias]. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 41, 257-278.
- Belmonte, A. (2020). *Ligamentos del tobillo*. <https://www.unprofesor.com/ciencias-naturales/ligamentos-del-tobillo-4003.html>.
- Bellows, R., & Wong, C. K. (2018). The effect of bracing and balance training on ankle sprain incidence among athletes: a systematic review with meta-analysis. *International journal of sports physical therapy*, 13(3), 379–388.
- Bleakley, C. M., O'Connor, S. R., Tully, M. A., Rocke, L. G., Macauley, D. C., Bradbury, I., Keegan, S., & McDonough, S. M. (2010). Effect of accelerated rehabilitation on function after ankle sprain: randomised controlled trial. *BMJ (Clinical research ed.)*, 340, c1964. <https://doi.org/10.1136/bmj.c1964>
- Bolaños Díaz, R. y Calderón Cahua, M. (2014). Introducción al meta-análisis tradicional. *Revista de Gastroenterología del Perú*, 34(1), 45-51.

[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1022-51292014000100007&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1022-51292014000100007&lng=es&tlng=es).

Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T., & Rothstein, H. R. (2011). *Introduction to Meta-Analysis*. John Wiley & Sons.

Borenstein, M. (2019). *Common mistakes in meta-analysis and how to avoid them*. Biostat, Inc.

Botella, J. y Zamora, Á. (2017). El meta-análisis: una metodología para la investigación en educación. *Educación XX1*, 20(2), 17-38, doi: 10.5944/educXX1.19030

Cain, M. S., Garceau, S. W., & Linens, S. W. (2017). Effects of a 4-Week Biomechanical Ankle Platform System Protocol on Balance in High School Athletes With Chronic Ankle Instability. *Journal of sport rehabilitation*, 26(1), 1–7. <https://doi.org/10.1123/jsr.2015-0045>

Cain, M. S., Ban, R. J., Chen, Y. P., Geil, M. D., Goerger, B. M., & Linens, S. W. (2020). Four-Week Ankle-Rehabilitation Programs in Adolescent Athletes With Chronic Ankle Instability. *Journal of athletic training*, 55(8), 801–810. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-41-19>

Campbell, D., y Stanley, J. (1970). *Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social* (2.a ed.). AMORRORTU.

Chang, W. D., Chen, S., & Tsou, Y. A. (2021). Effects of Whole-Body Vibration and Balance Training on Female Athletes with Chronic Ankle Instability. *Journal of clinical medicine*, 10(11), 2380. <https://doi.org/10.3390/jcm10112380>

Cruz-Díaz, D., Lomas Vega, R., Osuna-Pérez, M. C., Hita-Contreras, F., & Martínez-Amat, A. (2015). Effects of joint mobilization on chronic ankle instability: a

randomized controlled trial. *Disability and rehabilitation*, 37(7), 601–610. <https://doi.org/10.3109/09638288.2014.935877>

Dalmau-Pastor, M., Malagelada, F., Guelfi, M. y Vega, J. (2020). Anatomía del Tobillo. *Revista Española de Artroscopia y Cirugía Articular*, 27(1), 5-11. <https://doi.org/10.24129/j.reaca.27167.fs1910045>.

Definiciona.com (27 diciembre, 2014). Definición y etimología de balance. Bogotá: *E-Cultura Group*. <https://definiciona.com/balance/>

Definiciona.com (22 abril, 2016). Definición y etimología de equilibrio. Bogotá: *E-Cultura Group*. <https://definiciona.com/equilibrio/>

De Ridder, R., Willems, T. M., Vanrenterghem, J., & Roosen, P. (2015). Effect of a Home-based Balance Training Protocol on Dynamic Postural Control in Subjects with Chronic Ankle Instability. *International journal of sports medicine*, 36(7), 596–602. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1396823>

Dishman, R. K., Heath, G. W., Schmidt, m. D., & Lee, I. M. (2022). Physical Activity Epidemiology (3 ed.). Human Kinetics.

Donovan, L., Hart, J. M., Saliba, S. A., Park, J., Feger, M. A., Herb, C. C., & Hertel, J. (2016). Rehabilitation for Chronic Ankle Instability With or Without Destabilization Devices: A Randomized Controlled Trial. *Journal of athletic training*, 51(3), 233–251. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-51.3.09>

Duval, S., & Tweedie, R. (2000). Trim and fill: A simple funnel-plot-based method of testing and adjusting for publication bias in meta-analysis. *Biometrics*, 56(2), 455–463. <https://doi.org/10.1111/j.0006-341x.2000.00455.x>

- Egger, M., Davey Smith, G., Schneider, M., & Minder, C. (1997). Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *BMJ (Clinical research ed.)*, 315(7109), 629–634. <https://doi.org/10.1136/bmj.315.7109.629>
- Eils, E., & Rosenbaum, D. (2001). A multi-station proprioceptive exercise program in patients with ankle instability. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(12), 1991–1998. <https://doi.org/10.1097/00005768-200112000-00003>
- Emery, C. A., Rose, M. S., McAllister, J. R., & Meeuwisse, W. H. (2007). A prevention strategy to reduce the incidence of injury in high school basketball: a cluster randomized controlled trial. *Clinical journal of sport medicine: official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 17(1), 17–24. <https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e31802e9c05>
- Fernández, H. (2013). La importancia del trabajo propioceptivo y la fuerza en adultos mayores. [en línea]. 10mo Congreso Argentino de Educación Física y Ciencias, 9 al 13 de septiembre de 2013, La Plata. En Memoria Académica. [http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab\\_eventos/ev.3161/ev.3161.pdf](http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.3161/ev.3161.pdf)
- Gandevia, S., Burke, DC. & Anthony, M. (1993). Science and Practice in Clinical Neurology NY: CUP Archive.
- García, J. & Rodríguez, J. (2016). Equilibrio y estabilidad del cuerpo humano. Biomecánica Básica aplicada a la Actividad Física y al Deporte. Capítulo 5. Editorial: Paidotribo, Barcelona.
- Gibbons, R. D, Hedeker, D. R y Davis, J. M. Estimation of Effect Size From a Series of Experiments Involving Paired Comparisons. *Journal of Educational Statistics Fall 1993*, Vol 18, No. 3, pp. 271-279. <https://doi.org/10.3102/10769986018003271>

- Gimeno, C., Mariscal, G., Alfonso, J., y Barrios, C. (2021). Análisis de las variaciones del equilibrio y propiocepción en relación con la práctica del surf: estudio piloto. Instituto de Investigación en Enfermedades Musculo-Esqueléticas. Universidad Católica de Valencia. Valencia. Departamento de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Universitario y Politécnico La Fe. Valencia. doi: 10.18176/archmeddeporte.00072
- Grueva-Pancheva. (2021). Effect of proprioceptive training on postural balance in patients with chronic ankle instability. *Journal of Physical Education and Sport (JPES)*, 21(1), Art 1, pp. 3 – 11.
- Hall, E. A., Docherty, C. L., Simon, J., Kingma, J. J., & Klossner, J. C. (2015). Strength-training protocols to improve deficits in participants with chronic ankle instability: a randomized controlled trial. *Journal of athletic training*, 50(1), 36–44. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.3.71>
- Hernández, R. (2021). Ejercicios propioceptivos y de fuerza en miembros inferiores para prevenir la fragilidad muscular y caídas en personas de la tercera edad de la estancia de día Zinacatepec. Tesis Para obtener el título de: licenciado en readaptación y activación física. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/9034dde4-d98b-4d36-9f96-d6dc896825bd/content>
- Hupperets, M. D., Verhagen, E. A., & Van Mechelen, W. (2009). Effect of unsupervised home-based proprioceptive training on recurrences of ankle sprain: randomised controlled trial. *BMJ (Clinical research ed.)*, 339, b2684. <https://doi.org/10.1136/bmj.b2684>
- Khorjahani, A., Mirmoezzi, M., Bagheri, M., & Kalantariyan, M. (2021). Effects of TRX Suspension Training on Proprioception and Muscle Strength in Female

Athletes with Functional Ankle Instability. *Asian J Sports Med.* 2021 June; 12(2): e107042. doi: 10.5812/asjms.107042.

- Kim, K. J., & Heo, M. (2019). Comparison of virtual reality exercise versus conventional exercise on balance in patients with functional ankle instability: A randomized controlled trial. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*, 32(6), 905–911. <https://doi.org/10.3233/BMR-181376>
- Kim, K., & Jeon, K. (2016). Development of an efficient rehabilitation exercise program for functional recovery in chronic ankle instability. *Journal of physical therapy science*, 28(5), 1443–1447. <https://doi.org/10.1589/jpts.28.1443>
- McGuine, T. A., Brooks, A., & Hetzel, S. (2011). The effect of lace-up ankle braces on injury rates in high school basketball players. *The American journal of sports medicine*, 39(9), 1840–1848. <https://doi.org/10.1177/0363546511406242>
- McGuine, T. A., Hetzel, S., Wilson, J., & Brooks, A. (2012). The effect of lace-up ankle braces on injury rates in high school football players. *The American journal of sports medicine*, 40(1), 49–57. <https://doi.org/10.1177/0363546511422332>
- McGuine, T. A., & Keene, J. S. (2006). The effect of a balance training program on the risk of ankle sprains in high school athletes. *The American journal of sports medicine*, 34(7), 1103–1111. <https://doi.org/10.1177/0363546505284191>
- McKeon, P. O., & Hertel, J. (2008). Systematic review of postural control and lateral ankle instability, part II: is balance training clinically effective? *Journal of athletic training*, 43(3), 305–315. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-43.3.305>

- Mohammadi F. (2007). Comparison of 3 preventive methods to reduce the recurrence of ankle inversion sprains in male soccer players. *The American journal of sports medicine*, 35(6), 922–926. <https://doi.org/10.1177/0363546507299259>
- Montano, A. (2020). Efectos del entrenamiento de la propiocepción en la prevención de lesiones de tobillo en adolescentes jugadores de fútbol. Opción de grado. Institución Universitaria Escuela Colombiana de Rehabilitación.
- Mollà-Casanova, S., Inglés, M., & Serra-Añó, P. (2021). Effects of balance training on functionality, ankle instability, and dynamic balance outcomes in people with chronic ankle instability: Systematic review and meta-analysis. *Clinical rehabilitation*, 35(12), 1694–1709. <https://doi.org/10.1177/02692155211022009>
- Morris, S.B. (2008). Estimating effect sizes from pretest-posttest-control group designs. *Organizational Research Methods*, 11(2) 364-386. <https://doi.org/10.1177/1094428106291059>
- Nieto, G. A. (2022). Tesis: Efectos y relación entre el control postural, la propiocepción y la doble tarea. Universitat Ramon Llull (España). <http://hdl.handle.net/10803/673490>
- Lapanantasin, S., Thongloy, N., Samsee, M., Wonghirunsombat, N., Nuangpulsarp, N., Ua-Areejit, C., & Phattaraphanasakul, P. (2022). Comparative effect of walking meditation and rubber-band exercise on ankle proprioception and balance performance among persons with chronic ankle instability: A randomized controlled trial. *Complementary therapies in medicine*, 65, 102807. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2022.102807>
- Lee, H. J., Lim, K. B., Jung, T. H., Kim, D. Y., & Park, K. R. (2013). Changes in balancing ability of athletes with chronic ankle instability after foot orthotics application and rehabilitation exercises. *Annals of rehabilitation medicine*, 37(4), 523–533. <https://doi.org/10.5535/arm.2013.37.4.523>

- Lipworth, W., Hooker, C. & Carter, S. (2011). Balance, balancing, and health. *Qual Health Res.* 21(5):714-25. doi: 10.1177/1049732311399781.
- Park, D. J., Kim, B. J., Kim, Y. H., & Park, S. Y. (2020). A three-week intervention emphasized diagonal eccentric contraction on balance and joint position sense and ankle strength in subjects with ankle instability: A randomized controlled trial. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*, 34(1), 95–101. <https://doi.org/10.3233/BMR-200058>
- Pollock A, Durward B, Rowe P & Paul J. (2000). What is balance? *Clin Rehabil.* 14(4):402-6. doi: 10.1191/0269215500cr342oa.
- Powden, C. J., Hoch, J. M., Jamali, B. E., & Hoch, M. C. (2019). A 4-Week Multimodal Intervention for Individuals With Chronic Ankle Instability: Examination of Disease-Oriented and Patient-Oriented Outcomes. *Journal of athletic training*, 54(4), 384–396. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-344-17>
- Prieto, L., Giraldo, A. y Salas, M. (2019). Programa de entrenamiento propioceptivo y su importancia en las capacidades coordinativas en fútbol femenino. *R. Actividad fis. y deporte.* 5 (2): 120-141.
- Real Academia Española. (2014). Diccionario de la lengua española (23a ed.).
- Reyburn, R. J., & Powden, C. J. (2020). Dynamic Balance Measures in Healthy and Chronic Ankle Instability Participants While Wearing Ankle Braces: Systematic Review With Meta-Analysis. *Journal of sport rehabilitation*, 30(4), 660–667. <https://doi.org/10.1123/jsr.2020-0224>
- Rodríguez, A. S., Díaz, V.M., Méndez, R.G, Valdés, B. P., Espinosa, N. C., Salazar, M. J. Y Guzmán, M. E. (2023). Relación entre composición corporal y somatotipo con equilibrio postural dinámico en jóvenes basquetbolistas

Relación entre composición corporal y somatotipo con equilibrio postural dinámico en jóvenes basquetbolistas. *Retos*, 50, 239-243.

Rosas, M. R. (2011). Lesiones deportivas. Clínica y tratamiento. *Offarm. Volumen 30. Número 3*, 36 – 42.

Sanchez,D & Ordóñez,L. (2020). Evaluación del balance. Evaluación de la función neuromuscular. Editorial Universidad Santiago de Cali. (p. 275-297).

Shi, L., & Lin, L. (2019). The trim-and-fill method for publication bias: practical guidelines and recommendations based on a large database of meta-analyses. *Medicine*, 98(23), e15987. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000015987>

Sierra-Guzmán, R., Jiménez-Díaz, F., Ramírez, C., Esteban, P., & Abián-Vicén, J. (2018). Whole-Body-Vibration Training and Balance in Recreational Athletes With Chronic Ankle Instability. *Journal of athletic training*, 53(4), 355–363. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-547-16>

Smart, N. A., Waldron, M., Ismail, H., Giallauria, F., Vigorito, C., Cornelissen, V., & Dieberg, G. (2015). Validation of a new tool for the assessment of study quality and reporting in exercise training studies: TESTEX. *International journal of evidence-based healthcare*, 13(1), 9–18. <https://doi.org/10.1097/XEB.0000000000000020>

Smith, B. I., Curtis, D., & Docherty, C. L. (2018). Effects of Hip Strengthening on Neuromuscular Control, Hip Strength, and Self-Reported Functional Deficits in Individuals With Chronic Ankle Instability. *Journal of sport rehabilitation*, 27(4), 364–370. <https://doi.org/10.1123/jsr.2016-0143>

- Smith, B. I., Docherty, C. L., Simon, J., Klossner, J., & Schrader, J. (2012). Ankle strength and force sense after a progressive, 6-week strength-training program in people with functional ankle instability. *Journal of athletic training*, 47(3), 282–288. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-47.3.06>
- Tarantino, F. (2004). Propiocepción: introducción teórica. Entrenamiento propioceptivo. <https://www.efisioterapia.net/articulos/propiocepcion-introduccion-teorica>
- Tarantino, F. (2014). Propiocepción y trabajo de estabilidad en fisioterapia y en el deporte: principios en el diseño de ejercicios. <https://www.efisioterapia.net/articulos/propiocepcion-y-trabajo-estabilidad-fisioterapia-y-deporte-principios-diseno-ejercicios>
- Thomas, J.R., Nelson, J.K., & Silverman, S.J. (2015). *Research methods in physical activity* (7 ed.). Editorial: Human Kinetics.
- Tuthill J & Azim E. (2018). "Proprioception". *Current Biology*. 28 (5): R194–R203. doi: 10.1016/j.cub.2018.01.064
- Vázquez, O. K., López, V. M, Méndez, R. G y Guzmán, M. G. (2022). Efectos de un entrenamiento neuromuscular sobre el equilibrio postural dinámico y propiocepción en basquetbolistas juveniles con inestabilidad funcional de tobillo. *Retos*, 44, 1104-1112. (<https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/index>)
- Verhagen, E. A., van Tulder, M., van der Beek, A. J., Bouter, L. M., & van Mechelen, W. (2005). An economic evaluation of a proprioceptive balance board training programme for the prevention of ankle sprains in volleyball. *British journal of sports medicine*, 39(2), 111–115. <https://doi.org/10.1136/bjism.2003.011031>
- Wolfe, J.; Kluender, K. & Levi, D. (2012). *Sensation & perception* (3rd ed.). Sinauer Associates. P. 7.

Wolfe, J., Kluender, K., Levi, D., Bartoshuk, L., Herz, R., Klatzky, R. & Merfeld, D. (2018). Sensation & perception (5th ed.). Sinauer Associates. P. 405 – 413.

Youssef, N. M., Abdelmohsen, A. M., Ashour, A. A., Elhafez, N. M., & Elhafez, S. M. (2018). Effect of different balance training programs on postural control in chronic ankle instability: a randomized controlled trial. *Acta of bioengineering and biomechanics*, 20(2), 159–169.