



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

EFICACIA DEL ENTRENAMIENTO NEUROMUSCULAR EN ATLETAS QUE  
HAYAN SUFRIDO UN ESGUINCE DE TOBILLO: UNA REVISIÓN  
SISTEMÁTICA.

AUTORES:

MOSCOSO VALLEJO FERNANDO ALEXIS

ZURITA RIERA VIVIANA ISABEL

AÑO:

2021



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**

**EFICACIA DEL ENTRENAMIENTO NEUROMUSCULAR EN ATLETAS QUE  
HAYAN SUFRIDO UN ESGUINCE DE TOBILLO: UNA REVISIÓN  
SISTEMÁTICA.**

Trabajo de titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos  
para optar por el título de Licenciados en Fisioterapia

**PROFESOR GUÍA:**

Mg. Silvia Varela

**AUTORES:**

Moscoso Vallejo Fernando Alexis

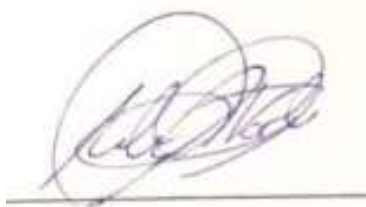
Zurita Riera Viviana Isabel

**AÑO:**

2021

## DECLARACIÓN DEL DOCENTE GUÍA

“Declaro haber dirigido el trabajo, “Efectividad del entrenamiento neuromuscular en atletas que hayan sufrido un esguince de tobillo: una revisión sistemática”, a través de reuniones periódicas con los estudiantes Fernando Alexis Moscoso Vallejo y Viviana Isabel Zurita Riera; en el periodo 2021-10, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Silvia Varela', is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat cursive.

Mg. Silvia Varela

CI: 1713760336

## DECLARACIÓN DEL DOCENTE CORRECTOR

“Declaro haber dirigido el trabajo, “Efectividad del entrenamiento neuromuscular en atletas que hayan sufrido un esguince de tobillo: una revisión sistemática”, en el periodo 2021-10, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

A rectangular image showing a handwritten signature in dark ink on a light-colored background. The signature is stylized and appears to be 'Evelin Estrella'.

---

Mg. Evelin Estrella

CI: 1723003222

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaramos que este trabajo es original, de nuestra autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”



---

Fernando Alexis Moscoso Vallejo



---

Viviana Isabel Zurita Riera

## **AGRADECIMIENTOS**

Doy gracias a Dios por permitirme concluir esta etapa de mi vida llamada universidad, también por darme una increíble familia que me apoya en cada decisión y proyecto. Pero en especial, gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar en mí todos los días, por no dejarme caer nunca y acompañarme en cada día de estudio, gracias a mi padre por siempre querer lo mejor para mí, por siempre tener una manera de solucionar los gastos pertinentes de la universidad y por siempre aconsejarme, también gracias a mi madre por darme las fuerzas necesarias para seguir con cada semestre, por siempre guiarme por el camino correcto para ser una mejor persona, tanto en la vida profesional como personal, e infinitas gracias a Juan Fernando por ser un pilar importante de amor y compañía.

Gracias a la Mg. Silvia Varela por toda su paciencia, su conocimiento y su tiempo invertido en este trabajo, que Dios siga bendiciendo sus logros y su entrega con la fisioterapia.

A mi compañero Fernando Moscoso, por su dedicación y su entrega a este trabajo, gracias también por apoyarme y aconsejarme siempre. Sé que serás el mejor en todo lo que hagas.

**Viviana Zurita.**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres, a Dios y a mi abuelita Carmen, que, aunque no esté presente, sé que me guía siempre. Todos ellos formaron una parte muy importante de mi camino en la universidad, y seguirán formando una parte importante en mi vida personal y profesional. Muchas gracias por todo.

**Viviana Zurita**

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer en primer lugar a Dios por permitirme haber culminado este pequeño gran paso de mi vida profesional y próximamente laboral, a mi Madre Nancy y a mi hermano Rene por haberme sostenido en cada dificultad que se presentó en el camino durante este proceso, gracias por ser mi razón de salir adelante en esta vida.

A mi Padre Rene Moscoso por ser mi ángel de la guarda, motor de vida y motivo de salir adelante, a mi tío Daniel Mosquera por nunca perder la fe en mí, ser mi gran apoyo y ejemplo a seguir y a mi tía Zuly Moscoso que es mi segunda mamá y estar al lado día a día para conseguir este gran logro que hoy por hoy es nuestro.

A la Lcda. Silvia Varela por otorgarnos su paciencia, tiempo y conocimiento no solo durante este proceso si no durante toda esta vida estudiantil, por siempre exigirnos más y ser grandes profesionales.

A mi amiga y compañera de meses y años de carrera universitaria Viviana Zurita, por haber brindado su tiempo, paciencia para culminar este trabajo de titulación que llevará nuestro nombre; estoy seguro que llegarás muy lejos en esta vida colega.

**Fernando Moscoso**



## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar mi trabajo de titulación a cuatro personas ya que sin ellas no hubiera sido esto posible a mi padre Rene, a mi tío Daniel, a mi tía Zuly y mi madre Nancy gracias a ustedes por formarme, ser mi apoyo y pilar de mi vida, sin su mano este camino no hubiera sido finalizado, gracias a ustedes esta meta hoy se las dedico.

**Fernando Moscoso**

## RESUMEN

**OBJETIVO:** Determinar la eficacia del entrenamiento neuromuscular en atletas con antecedentes de esguince de tobillo o inestabilidad articular.

**MATERIALES Y MÉTODOS:** Se realizó una RCT en las siguientes bases de datos: PubMed, Science Direct, PEDro y Google Académico. Se buscaron artículos en inglés, de los últimos 5 años, empleando las palabras claves: *neuromuscular training, ankle sprain, athletes*. Se utilizó el conector en inglés *and*, con el objetivo de realizar una búsqueda más puntual.

**RESULTADOS:** De los 14 artículos registrados inicialmente, se seleccionó por los criterios de inclusión: 5 ECAs (n= 1253 participantes, mencionaban diferentes protocolos de ENM como: 1. Órtesis combinadas con ejercicios de ENM, 2. DVD, folletos y aplicación móvil con ejercicios de ENM, 3. Plataforma Wii ,4. Intervención SHAM y CORE. Se mostró mejoría en dolor, fuerza, equilibrio, estabilidad y funcionalidad, sin embargo, mediante un análisis estadístico se pudo observar que el ENM no presenta un valor significativo ( $p=0.202$ ), en relación al tipo de deporte y equilibrio, dolor, fuerza, estabilidad y funcionalidad, se demostró que tanto el voleibol, fútbol, baloncesto y las actividades físicas generales que realicen entrenamiento propioceptivo presentan un resultado significativo a la mejoría del equilibrio, estabilidad y funcionalidad ( $p=0.012$ ).

**CONCLUSIONES:** Se determinó que el ENM no mejora de manera significativa el equilibrio, dolor, fuerza, funcionalidad y estabilidad, sin embargo, se asocian técnicas como el entrenamiento de fuerza, estiramientos, ejercicios con gesto deportivo, demostrando efectividad. No se puede establecer el mejor protocolo de ENM debido a la heterogeneidad de los estudios, existen varias técnicas que se combinan para mejorar dolor, fuerza, estabilidad y funcionalidad.

**PALABRAS CLAVE:** neuromuscular training, ankle sprain, athletes.

## ABSTRACT

**OBJECTIVE:** To determine the efficacy of neuromuscular training in athletes with a history of ankle sprain or joint instability.

**MATERIALS AND METHODS:** A RCT was carried out in the following databases: PubMed, Science Direct, PEDro and Google Scholar. Articles in English from the last 5 years were investigated, using the following keywords: neuromuscular training, ankle sprain, athletes. These words were combined with the connector in English and, in order to carry out a more specific search.

**RESULTS:** From 14 articles initially registered, the following were selected by the inclusion criteria: 5 RCTs (n = 1253 participants). All articles mentioned different NMT protocols such as: 1. Orthosis combined with NMT exercises, 2. DVD, brochures and mobile application with NMT exercises, 3. Wii platform, 4. SHAM and CORE intervention showing improvement in pain, strength, balance, stability and functionality, however, in statistical analysis it was possible to observe that NMT does not present a significant value ( $p = 0.202$ ) in their improvement. In relation to the type of sport and balance, pain, strength, stability and functionality, it was shown that volleyball, Soccer, basketball and general physical activities that performed proprioceptive training presented a significant result to the improvement of balance. or, stability and functionality ( $p = 0.012$ ).

**CONCLUSIONS:** In this research, through a statistical analysis it is determined that NMT does not significantly improve balance, pain, strength, functionality and stability, however, the reviewed articles associate techniques such as strength training, stretching, exercises with sporting gesture, demonstrating effectiveness. The best NMT protocol cannot be established due to the heterogeneity of the studies, there are several techniques that are combined to improve pain, strength, stability and functionality.

**KEY WORDS:** neuromuscular training, ankle sprain, athletes.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1 CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>3</b>
1.1. Anatomía del tobillo .....	3
1.2. Estabilidad articular .....	4
1.3. Sistema propioceptivo .....	5
1.4. Esguince de tobillo.....	9
1.4.1. Fisiopatología .....	9
1.5. Clasificación.....	10
1.5.1. Esguince de tobillo grado I.....	10
1.5.2. Esguince de tobillo grado II.....	10
1.5.3. Esguince de tobillo grado III.....	11
1.6. Inestabilidad articular.....	11
1.7. Tratamiento convencional .....	12
1.7.1. Ultrasonido .....	12
1.7.2. Crioterapia.....	13
1.7.3. Láser .....	14
1.8. Control motor .....	15
1.8.1. Componentes e implicación en el control motor.....	16
1.9. Sistemas sensoriales.....	18
1.10. Teorías sobre el control motor .....	19
1.10.1. Teorías incompletas .....	19
1.10.2. Modelos jerárquicos .....	20
1.10.3. Teorías de la acción .....	20
1.11. Aprendizaje motor.....	21
1.12. Control motor en el deporte.....	21
1.12.1. Mecanismos nociceptivos y procesamiento central. Interacción nocicepción – respuesta motora. ....	21
1.12.2. Cambios estructurales y funcionales en el tejido musculoesquelético por sobreuso mecánico.....	22
1.13. Proceso de reentrenamiento neuromuscular.....	23
1.14. Entrenamiento funcional.....	24

1.15. Entrenamiento neuromuscular .....	25
1.16. Evaluación fisioterapéutica en tobillo .....	27
<b>2 CAPÍTULO II: JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>30</b>
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	32
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	32
<b>3 CAPÍTULO III: METODOLOGÍA .....</b>	<b>33</b>
3.1. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA .....	33
3.2. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN .....	33
3.3. RECOLECCIÓN DE DATOS.....	33
3.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS.....	34
3.5. EVALUACIÓN CUALITATIVA .....	37
<b>4 CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....</b>	<b>39</b>
4.1. Efectos obtenidos con el tratamiento de entrenamiento neuromuscular.....	39
4.2. Eficacia de los protocolos de entrenamiento. ....	42
<b>5 CAPÍTULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>46</b>
5.1. Conclusiones .....	54
5.2. Recomendaciones .....	56
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>57</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>62</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ligamentos del tobillo .....	3
Figura 2: Tipos de esguince de tobillo .....	11
Figura 3 : Ultrasonido en esguince de tobillo.....	13
Figura 4: Crioterapia en esguince de tobillo .....	14
Figura 5: Laserterapia en esguince de tobillo .....	15
Figura 6: Test de FADI.....	29
Figura 7: Diagrama de flujo para la selección de artículos .....	34
Figura 8: Tabla de valoración según la escala de PEDro .....	36



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipo de método de tratamiento utilizado y número de artículos por técnica.....	37
Tabla 2: Tipo de deporte y número de artículos por deporte.....	38
Tabla 3: Eficacia del entrenamiento neuromuscular .....	42
Tabla 4: Relación entre tipo de deporte y variables tratadas.....	44

## INTRODUCCIÓN

Los esguinces de tobillo se encuentran entre el 15 al 20% de todas las atenciones por lesiones deportivas y es la más común en urgencias hospitalarias en el área de traumatología. La incidencia es mayor en deportes de carga, saltos, contacto como el fútbol, baloncesto y voleibol, afectando la pérdida de la funcionalidad, sensibilidad y estabilidad de los atletas, además repercute en la aparición de dolor, y su recidiva ocasiona inestabilidad articular crónica de tobillo (Cisneros, 2016).

La inestabilidad de tobillo puede deberse a una inestabilidad funcional, mecánica o una combinación de ambas. La inestabilidad mecánica se define como un movimiento más allá del límite fisiológico de la articulación del tobillo, acompañada de alteraciones ligamentosas, por otro lado, la inestabilidad funcional está definida como la sensación de desequilibrio en el tobillo debido a una alteración neuromuscular y propioceptiva (Urrialde y cols, 2016).

Urrialde y cols, comprobaron en un estudio con 2200 participantes, realizado en la Universidad de Washington, que alrededor del 16% de todas las lesiones deportivas en un año eran esguinces de tobillo que generalmente terminaban con una inestabilidad articular.

A pesar de que ser una patología muy frecuente, no se cuenta con un tratamiento inicial estandarizado, sin embargo, el RICE ha tomado un papel de primera línea de tratamiento para el alivio rápido de los síntomas de un esguince. Actualmente muchos estudios sugieren el entrenamiento neuromuscular para los atletas después de haber controlado los primeros síntomas como dolor, tumefacción, incapacidad funcional y hematoma (Catalán y cols, 2018).

La prescripción de un programa de entrenamiento neuromuscular se basa principalmente en la prescripción de ejercicios con un mecanismo de feedback y

feedforward, ya que las lesiones ligamentosas repercuten en la pérdida de propiocepción, integración sensoriomotora y actividad muscular eferente, estos protocolos tienen como finalidad generar una respuesta consciente a las articulaciones y músculos, que suman una interacción entre el SNC, el sistema motor y el sistema sensorial para mejorar el control neuromuscular del atleta (Guzmán y cols, 2019).

En los últimos años, los diferentes programas de entrenamiento neuromuscular como la plataforma Wii, ejercicios en superficies inestables más gesto deportivo, han sido desarrollados e implementados para tratamientos de esguince de tobillo, es por eso que Guzmán y cols. (2019), mencionan que los programas de entrenamiento neuromuscular pueden mejorar la funcionalidad y disminuir el riesgo a volver a sufrir una recidiva, sin embargo, varios artículos sugieren realizar más estudios.

Para desarrollar este tema, se realiza un marco teórico detallando los tipos de esguinces de tobillo y los tratamientos propuestos mediante tratamiento convencional y entrenamiento neuromuscular, en el capítulo II se justifica la importancia del estudio, en el capítulo III se presenta la metodología utilizada para la búsqueda en las diferentes bases de datos, con palabras claves y los criterios de inclusión y exclusión. Los resultados del estudio se presentan en el capítulo IV, con el fin de verificar los efectos del ENM, y en el capítulo V, se realiza la discusión detallando la efectividad del ENM mediante evidencia científica. Por último, se mencionan las conclusiones y recomendaciones para este estudio.

## CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

### 1.1. Anatomía del tobillo

La estabilidad del tobillo está dada por la congruencia de las superficies articulares y la tensión de la cápsula articular y los diferentes ligamentos que van a trabajar en la coaptación de esta articulación:

- Lig. Lateral externo constituido por 3 haces:
  - Haz peroneo astragalino anterior: Se tensa en plantiflexión y bloquea la subluxación hacia anterior del astrágalo.
  - Haz peroneo calcáneo: Se tensa en inversión y bloquea la laxitud subtalar
  - Haz peroneo astragalino posterior: Se tensa en dorsiflexión.
- Lig. deltoideo formado por 2 haces:
  - Porción profunda: Ligamento tibioastragalino, de característica grueso.
  - Porción superficial: talotibial posterior, talotibial anterior, calcaneotibial, tibionavicular.
- La sindesmosis que va a trabajar en la unión tibioperonea por encima de la articulación del tobillo (Sánchez, Loera, Cobar & Oliva, 2016).



*Figura 1.* Ligamentos del tobillo. Tomado de SAMeCipp, 2018.

## 1.2. Estabilidad articular

Se consideraba que la estabilidad articular es una propiedad que dependía exclusivamente de las estructuras ligamentosas. Actualmente sabemos que la estabilidad articular es considerada como la función sinérgica en la que los huesos, articulaciones, cápsulas, ligamentos, músculos, tendones, receptores sensoriales y vías neurales espinales y corticales actúan en armonía para garantizar la homeostasis articular (Azahara & Romero, 2013).

La estabilidad articular depende de ligamentos (estructuras pasivas) que ofrecen un efecto de protección debido a la puesta en tensión, la cinemática y la configuración geométrica de cada articulación a través del rango de movimiento, y músculos (órganos activos) que tienen un rol protector tanto pasivo como es el tono muscular de reposo y activo como es la acción muscular voluntaria, los músculos brindan respuestas dinámicas que se dan en cualquier grado de movimiento según la carga externa, la velocidad, el dolor y la gravedad (Azahara & Romero, 2013).

La estabilidad articular se puede entrenar por medio de la propiocepción, que hace referencia a la capacidad del cuerpo a detectar el movimiento y la posición de la articulación, cuando existe un esguince de tobillo, una de las consecuencias más perjudiciales es la pérdida de propiocepción, la que se produce por el daño en los mecanorreceptores y la disminución de la velocidad de conducción nerviosa. Esta deficiencia afecta de manera importante al control postural y a la sensación de posición, repercutiendo en la movilidad del tobillo (Almendáriz et al., 2019).

El sistema ligamentoso es un conjunto de estructuras que tienen como función estabilizar la articulación misma que contiene receptores que envían señales al sistema nervioso central sobre la posición en la que se encuentra la articulación,

con ello permiten a la persona realinear el movimiento conscientemente bajo la demanda a la función a realizar. (Azahara & Romero, 2013).

El huso neuromuscular y órganos tendinosos de Golgi, tienen la principal función del control de la contracción muscular de forma inconsciente, envió de la información a la médula espinal, el cerebelo y corteza cerebral. Así mismo el huso muscular enviará información al SNC para determinar el estado del músculo en la longitud y la contracción, relajación (Azahara & Romero, 2013).

Entonces, según Azahara y cols. (2013), la estabilidad articular no solo viene dada por los receptores periféricos sino también por el procesamiento y la integración central y las vías motoras.

### **1.3. Sistema propioceptivo**

El sentido por el cual el cuerpo humano determina que en posición se encuentra las partes corporales es a través de la propiocepción sentido que informa del movimiento a la dirección del rango articular del movimiento (Tarantino F, 2020).

La propiocepción forma parte de un sentido que da a conocer la posición del cuerpo en respuestas reflejas, soporte de las acciones motoras, equilibrio y coordinación, dirección, rango articular. Por medio de los propioceptores mismos que se activan realizando ajustes tanto en el componente muscular y tendinoso sobre la posición del cuerpo (Tarantino F, 2020).

Así mismo dentro del esquema corporal del ser humano la propiocepción forma parte de la relación con el espacio y respuestas reflejas automáticas que genera un movimiento. Además, la propiocepción es participe del equilibrio o coordinación siendo evidente en el caso de los deportistas cuya actividad genera movimientos habituales que se realizan diariamente que se dan de forma de

aprendizaje motor durante la formación del SNM. Ya que por medio del entrenamiento el atleta mejora los estímulos facilitadores que incrementan el desempeño deportivo.

Así mismo la adaptación es un mecanismo secuencial que se da inicio a través de un estímulo hasta llegar al sistema corporal en el aparato locomotor, que en la práctica deportiva de un atleta es realizada por el ejercicio continuo (Tarantino F, 2020).

La planificación de los ejercicios para el atleta consiste en un numero de repeticiones que se llevará a cabo a través del gesto y actividad a la cual se desempeña el mismo, cada ejercicio debe estar evaluado a la dificultad y estado actual del paciente siempre direccionado al déficit del deportista (Tarantino F, 2020).

Cuyos propioceptores como el huso muscular, órganos tendinosos de Golgi, receptores de la cápsula articular (corpúsculos de Ruffini y Pacini) conjuntamente con los ligamentos articulares y los receptores de la piel realizan ajustes para mantener el sentido y la correcta dirección de las partes corporales del cuerpo humano (Tarantino F, 2020).

### **El huso muscular**

Receptores sensoriales propioceptores que se encuentra en el músculo y se estimula ante estiramientos fuertes o estrés - activación. El estiramiento se puede cuantificar al grado de estímulo mecánico y la velocidad al ejercer el estiramiento donde el SNC determina los estímulos receptados y esta información es enviada al sistema nervioso central donde se define como reflejo miotático o de estiramiento, misma información se envía a los husos musculares que estimulan la musculatura sinergista activando la contractibilidad del músculo

a la facilitación de la contractibilidad de los antagonistas e inhibición de los mismos (Paré y cols, 2013).

### **Órganos tendinosos de Golgi**

Receptor sensorial que se encuentra en los tendones el encargado de cuantificar la tensión desarrollada de un músculo. Su función se produce cuando en el músculo se activa una tensión extremadamente fuerte de forma autónoma. Así también llamado como un reflejo de protección ante exceso de tensión en la fibra muscular tendinosa, esta respuesta se da en un periodo de estimulación entre 6 a 8 segundos (Paré y cols, 2013).

### **RECEPTORES DE LA CÁPSULA ARTICULAR Y LOS LIGAMENTOS ARTICULARES**

Receptores que tienen la función de soportar cargas a las estructuras en íntima relación a la tensión muscular que se ejerce, donde se activarán conjuntamente mecanorreceptores con la función determinar la posición al movimiento que una articulación genera al movimiento, así mismo estos receptores detectarán déficits en las estructuras dañadas (Paré y cols, 2013).

### **Corpúsculos de Ruffini**

Los corpúsculos de Ruffini se definen como terminaciones nerviosas libres de origen en un axón mielinizado con forma cilíndrica, se sitúan en la piel cuya función es receptar cambios térmicos relacionados con el frío o calor así mismo son capaces de detectar el estiramiento, el ángulo articular, velocidad del estímulo mecánico en la piel información que se envía a SNC y clasificada en dos fases: estática a la percepción térmica y dinámica al comportamiento de la



rápida adaptación fisiológica de un segmento corporal denominado para el corpúsculo de Ruffini como mecanorreceptor de adaptación lenta al cambio en la transición de la fase dinámica como estática (Paré y cols, 2013).

### **Corpúsculos de Pacini**

Mecanorreceptores dispersos en el tejido conectivo que se activa al desplazamiento mecánico en las articulaciones. Constituidos de un axón a función de una zona dendrítica que mide la dilatación del axón. Donde dichos mecanorreceptores se sitúan en la parte más externa de la capsula fibrosa, ligamentos y meniscos. Responden así mismo a la presión mecánica de gran profundidad y las vibraciones con una frecuencia de aproximadamente 250 Hz (Sirota y cols, 2018).

### **Receptores de la piel:**

Receptores que determinan la información al tono muscular en el movimiento al sentido de la posición y el gesto del movimiento con mayor frecuencia en las extremidades (Sirota y cols, 2018).

## **1.4. Esguince de tobillo**

El esguince de tobillo es una de las lesiones más frecuentes, representan el 38% que afectan al aparato locomotor. Esta lesión perjudica más a personas jóvenes que realizan una mayor práctica deportiva (Vasconcelos, Cini, Sbruzzi & Lima, 2018).

Kristen, A., et al, comprobaron en un estudio realizado en la Universidad de Washington que al menos 16% de todas las lesiones deportivas ocurridas en un año eran de esguince de tobillo, afectando mayormente a mujeres atletas ya que predisponen una mayor laxitud en los ligamentos en varo o valgo de tobillo (Vasconcelos, Cini, Sbruzzi & Lima, 2018).

### **1.4.1. Fisiopatología**

El mecanismo de lesión más frecuente en el tobillo es producido en inversión forzada, lo que indica una combinación de movimientos de plantiflexión, aducción y supinación del pie, en este momento el ligamento peroneo astragalino anterior se ubica verticalmente y cualquier fuerza brusca que obligue al tobillo a realizar una mayor supinación puede producir el desgarro del mismo, si ese instante la fuerza que está provocando la inversión forzada aumenta puede hacer que el haz peroneo calcáneo también se verticalice haciendo que se desgarre también (Brotzman, 2012).

Durante la carrera del atleta, el pie se encuentra en un mecanismo fisiológico de ligera aducción del medio pie, por lo que, si durante la carrera se produce una inversión brusca por terrenos irregulares, terrenos desnivelados o al pisar al lado contrario, es probable que se genere una supinación forzada capaz de lesionar el haz peroneo astragalino anterior (Brotzman, 2012).

En posición neutra el tobillo es estable debido a que la parte más ancha del astrágalo se ubica dentro de la mortaja, cubierta por ambos maléolos, el tibial y el peroneo. Con el tobillo en carga y un apoyo plantar completo existe un 100% de estabilidad a la inversión y un 30% a la rotación (Brotzman, 2012).

El 5% de los esguinces de tobillo se producen por un movimiento de eversión brusca, donde el ligamento deltoideo se puede lesionar por el mecanismo de eversión forzada o rotación externa forzada (Brotzman, 2012).

Algunos factores de riesgo son importantes para predisponer de un esguince de tobillo, por ejemplo, el sobrepeso, una reincidencia de esguinces, alteraciones propioceptivas o un balance incorrecto entre la musculatura agonista y antagonista que trabaja sobre la articulación del tobillo (Brotzman, 2012).

## **1.5. Clasificación**

### **1.5.1. Esguince de tobillo grado I**

El grado I se denomina cuando existe una distensión del ligamento peroneo astragalino anterior y existe una rotura del 5% de las fibras por las que se compone el ligamento. Las manifestaciones clínicas son mínimas, presenta hinchazón y dolor leves, el paciente puede caminar y comenzar sus actividades deportivas a las dos semanas ocurrido el esguince (Chamorro, Campos & Durán, 2017).

### **1.5.2. Esguince de tobillo grado II**

Se produce una rotura del 40 al 50% de las fibras del ligamento, el paciente refiere dolor moderado, hinchazón e incapacidad funcional. Las pruebas específicas para verificar un esguince de tobillo pueden dejar ver un cajón anterior y/o una inversión forzada positivos (Chamorro, Campos & Durán, 2017).

### 1.5.3. Esguince de tobillo grado III

Existe una ruptura completa del ligamento que comúnmente termina solucionándose con procesos quirúrgicos, el paciente no puede asentar el pie, no puede caminar, existe deformidad en la zona afectada y limitación total al movimiento (Chamorro, Campos & Durán, 2017).



Figura 2. Tipos de esguince de tobillo. Tomado de Fisioonline, 2014.

### 1.6. Inestabilidad articular.

La inestabilidad articular es una deficiencia del correcto funcionamiento entre 2 o más estructuras que se relacionan entre sí para un funcionamiento en conjunto, otra de las teorías de inestabilidad articular es una hiperlaxitud que, debido al exceso entre los límites fisiológicos de movimiento de manera repetitiva o continua, traen como consecuencia el daño a las superficies articulares (Sánchez, Fuertes & Ballester, 2015).

Aparece con más frecuencia en el ámbito deportivo, pero no por ese motivo se debe asociar a todas las patologías de tobillo que presenten los deportistas (Sánchez, Fuertes & Ballester, 2015).

Es importante realizar un diagnóstico fisioterapéutico, el cual nos aportará información sobre las manifestaciones clínicas que acompañan al esguince de tobillo. En la sintomatología se destaca la falta de control sobre la articulación, dolor y limitación del rango articular de movimiento, esto se debe indagar a su vez, mediante estudios de imagen que brinden un resultado más preciso sobre las estructuras afectadas (Sánchez, Fuertes & Ballester, 2015).

Se describen dos tipos de inestabilidad articular de tobillo: la inestabilidad mecánica que se produce por una laxitud anormalmente aumentada, y la inestabilidad funcional, que se define como una sensación subjetiva de desequilibrio debido a déficit propioceptivo y neuromuscular. Estos dos tipos de inestabilidad suelen estar asociadas entre sí, aunque pueden presentarse de manera individual (Sánchez, Fuertes & Ballester, 2015).

La debilidad muscular es otro componente de la inestabilidad articular de tobillo, inestabilidad que se describe como déficit de la sinergia muscular entre los músculos que se relacionan dentro de la estructura anatómica propia de la articulación, dando como resultado un colapso en dirección al grupo muscular deficiente (Azahara & Romero, 2013).

## **1.7. Tratamiento convencional**

### **1.7.1. Ultrasonido**

Se define como una forma de energía mecánica mediante el empleo de vibraciones sonoras en el espectro no audible, se cree que el aumento de temperatura causado por el ultrasonido colabora con la curación de los tejidos

blandos. Se emplea en frecuencias desde los 0,5 W/cm<sup>2</sup> hasta los 3 W/cm<sup>2</sup> con una duración de 12 a 15 minutos (Bekerom et al., 2011).

Este sistema tiene un efecto térmico que ayuda a la aceleración del metabolismo, el control del dolor, el aumento de flujo sanguíneo y la extensibilidad de tejidos blandos. El efecto mecánico que el ultrasonido posee, permite incrementar los valores de calcio a nivel intracelular, el aporte de oxígeno a los tejidos y la permeabilidad de la membrana celular que van a ayudar a la cicatrización del tejido afectado después de un esguince (Bekerom et al., 2011).

El ultrasonido ayuda a control el dolor ya que actúa estimulando los receptores cutáneos de la temperatura además de estimular las conducciones nerviosas. Existen estudios donde se asocian hipótesis donde el ultrasonido disminuye el dolor en procesos inflamatorios al trabajar directamente sobre las señales neuronales del dolor (Bekerom et al., 2011).



*Figura 3.* Ultrasonido en esguince de tobillo. Tomado de Rehabilitación física de esguince de tobillo, 2014.

### **1.7.2. Crioterapia**

La crioterapia o también llamada terapia de frío, se basa en la aplicación de frío como agente físico terapéutico. Su principal objetivo es reducir la temperatura

tisular, en el caso del esguince de tobillo, disminuir la temperatura de los tejidos blandos (Catalán, Sierra, Ceballos & Rendón, 2018).

Cumple efectos en la reducción de los signos de inflamación como el edema, la hinchazón y el dolor, el efecto de la disminución de la temperatura de los tejidos bloquea la transmisión del dolor gracias a la activación de los receptores térmicos de la piel y a la vasoconstricción de los vasos sanguíneos cutáneos, por lo que también ayuda a prevenir un aumento del edema en la zona afectada (Catalán, Sierra, Ceballos & Rendón, 2018).

Se puede aplicar en un periodo de tiempo entre 10 a 15 minutos en la zona a tratar, manteniendo su efecto hasta por una hora (Cameron, 2013).



*Figura 4.* Crioterapia en esguince de tobillo. Tomado de Mejor con salud, 2020.

### **1.7.3. Láser**

Técnica que aporta al organismo energía para facilitar su actividad bioquímica. El espectro electromagnético va a distinguir las longitudes de la onda de radiación, puede ser medido en dos formas, por la frecuencia de oscilación y la longitud de onda entre dos crestas sucesivas (Scher & Rand, 2018).

El láser tiene como objetivo trabajar sobre los procesos biológicos como la disminución del dolor, la disminución de la inflamación y la cicatrización. Produce activación fagocitaria, activación de la función mitocondrial y un aumento en la producción de ATP mitocondrial y una estimulación de las síntesis de ARN y producción de ADN (Scher & Rand, 2018).

La dosificación del láser se establece entre 2 a 30 Julios/cm<sup>2</sup>, pero depende del tipo de tejido donde se vaya a colocar y el efecto que se quiera lograr (Cameron, 2013).



*Figura 5.* Laserterapia en tobillo. Tomado de LáserClipie, 2016.

### **1.8. Control motor**

El control motor es un proceso de integración de informaciones sensitivas y motoras mediante el control del sistema nervioso central para aprender, mantener y recuperar la capacidad para realizar distintas actividades. Es una ciencia que tiene como objetivo conocer los procesos para ejecutar y percibir habilidades motoras (Cano de la cuerda, Martínez, Miangolarra, 2016).

El control motor nace de la interacción entre las personas y el medio ambiente que lo rodea. Para ejecutar el movimiento se pretende la activación de varias



estructuras que trabajan juntas para componer informaciones sensitivas y motoras para dar como resultado acciones que involucren movimiento (Cano de la cuerda, Martínez, Miangolarra, 2016).

### **1.8.1. Componentes e implicación en el control motor**

La acción entre el aparato locomotor y el sistema nervioso deber ser coordinada para llevar a cabo una acción motora deseada, el sistema nervioso integrará la información externa para generar el movimiento, mientras que el sistema locomotor reproduce claramente lo que el sistema nervioso ordenó (Buffone & Parenti, 2015).

### **Médula espinal**

La médula espinal posee conexiones aferentes-eferentes, encargadas de transmitir impulsos nerviosos a los 31 a 33 pares de nervios raquídeos. la conexión aferente es la encargada de llevar sensaciones de las 4 extremidades, tronco y cuello hacia el cerebro, en cambio en la conexión eferente, el cerebro ordena a los órganos efectores a realizar cualquier acción, llevando el estímulo o impulso hacia tronco, cuello y miembros (Buffone & Parenti, 2015).

Un segmento nervioso tipo generalmente está constituido por 3 sectores primordiales, un aferente (sensitivo) que está compuesto por neuronas sensitivas monopolares, eferente (motor) que constituyen neuronas que controlan músculos periféricos, e intercalado (de asociación) que constituye una serie de neuronas pequeñas ubicadas entre una neurona sensitiva y una motora (Buffone & Parenti, 2015).

## **Ganglios basales**

Preparan y mantienen el tono muscular para garantizar un curso normal a la hora de realizar movimientos voluntarios, también gradúan la intensidad y la secuencia de los mismos. Para el procesamiento de la información, trabajan conexiones neuronales que abarcan neurotransmisores como la dopamina, adenosina, glutamato, serotonina y noradrenalina.

Se diferencia dos circuitos, el circuito del putamen, se refiere a la ejecución de los patrones de la actividad motora, donde se inicia en las aéreas motoras corticales y el circuito del caudado que ejecuta las acciones como consecuencia de los pensamientos realizados en la mente, para denominarse control cognitivo de la actividad motora (Ospina et., 2017).

## **Tallo cerebral**

El tronco cerebral es la ruta más grande de comunicación del cerebro, la médula espinal y los nervios periféricos, contiene a los núcleos de los nervios craneales para controlar funciones como la respiración, regulación del ritmo cardíaco y la localización del sonido.

Sirve como vía de paso para las vías ascendentes y descendentes que conectan la médula con los distintos centros cerebrales para poder realizar una acción (Buffone & Parenti, 2015).

Al relacionarse con el sistema motor, trabaja en el sostén del cuerpo frente a las fuerzas de gravedad, la generación de movimientos groseros y estereotipados del cuerpo humano, también controla la musculatura más distal para la acción

de los movimientos hacia un objetivo, en particular los movimientos del brazo y la mano (Flores & Gámez, 2020).

### **Corteza cerebral**

Delgada lámina de materia gris que cubre la superficie de ambos hemisferios cerebrales, en este lugar se da lugar a la percepción, el pensamiento, la imaginación, la decisión, la actividad motora voluntaria (González, 2012).

Se divide en tres áreas especializadas en funciones motoras específicas:

- Corteza motora primaria: controla movimientos que requieren de múltiples grupos musculares, ajustando la velocidad, fuerza y dirección del movimiento.
- Área suplementaria: Programa secuencias de movimientos bilaterales, basados en movimientos recordados.
- Área pre-motora: Prepara un movimiento como respuesta a estímulos auditivos, táctiles o visuales, tomando el nombre de aprendizaje asociativo (González, 2012).

### **1.9. Sistemas sensoriales.**

Los sistemas sensoriales tienen diversas funciones en el control y guía del movimiento.

- Sistema somatosensorial: su función principal es producir estímulos como el tacto, la temperatura, el dolor y la propiocepción, este, junto a los husos musculares, los órganos tendinosos de Golgi, los receptores articulares y los receptores cutáneos van a ayudar al control de los reflejos medulares, modulando las órdenes descendentes, el resultado de los patrones medulares, contribuyendo a la apreciación y control del movimiento por medio de las vías ascendentes.

- Sistema vestibular: se involucra en el posicionamiento de la cabeza en el entorno y a los cambios repentinos de dirección de esta, mediante circuitos del tronco encefálico que controlan el movimiento de la cabeza y los ojos.
- Los sistemas somatosensorial y la visión procesan la información aferente para incrementar la sensibilidad de discriminación para poder identificar diferentes objetos (Cano de la cuerda, Martínez, Miangolarra, 2016).

## **1.10. Teorías sobre el control motor**

### **1.10.1. Teorías incompletas**

- Teoría refleja, el estímulo genera una respuesta que a su vez se transforma en el estímulo de la siguiente respuesta.
- Control balístico, un controlador se encarga de direccionar órdenes para cumplir diferentes acciones, es decir, si el controlador funciona de manera correcta el resultado será efectivo.
- Retroalimentación paramétrica, posee dos componentes, un comparador que diferencia el resultado real con el deseado y la señal del error, que se utiliza para transformar los parámetros del controlador.
- Retroalimentación directa, si hay algún problema inesperado que altere la realización de la actividad en relación a la orden dada, se notara rápidamente y se crearan nuevas órdenes para alcanzar el resultado esperado.
- Retroalimentación interna, el sistema generará modificaciones correctoras si percibe que existen alteraciones sensoriales y sensitivas que no van a permitir que la acción propuesta no se efectúe de manera correcta (Medina, 2020).

### **1.10.2. Modelos jerárquicos**

- Teoría del bucle cerrado, explica la habilidad cognitiva para un aprendizaje motor humano.
- Teoría del bucle abierto, produce respuestas motoras rápidas sin necesidad de una retroalimentación y con una disminución de atención del sujeto.
- Teoría del esquema de Schmidt, adapta el movimiento a lo nuevo, a lo inesperado y posibilita el movimiento ante situaciones inesperadas o novedosas (Medina, 2020).

### **1.10.3. Teorías de la acción**

- Teoría de la percepción orientada al campo, refleja la importancia de la interacción o modificación de la persona con el medio ambiente.
- Modelo de la hipótesis del punto de equilibrio, define la longitud y la rigidez de la musculatura para definir la posición final de las extremidades en el entorno.
- Modelo lambda, describe la flexibilidad y rigidez de las articulaciones para fijar un punto de equilibrio.
- Teoría específica de la acción dinámica o de los patrones dinámicos, considera a todo el cuerpo humano como un sistema mecánico que se expone a fuerzas externas como la gravedad y a fuerzas internas que afectan las condiciones iniciales de cualquier movimiento (Medina, 2020).

### **1.11. Aprendizaje motor**

Conjunto de procesos que asocian la experiencia y la práctica para integrar cambios permanentes en la capacidad para generar una acción a través de una habilidad específica.

Existen muchos factores que van a influir en el aprendizaje motor, por ejemplo, la edad, la cultura, y la predisposición genética (Molero et.,2015).

Riera, indica que “los cambios producidos en el aprendizaje, pueden ser de dos naturalezas”:

- Perceptivos y motores: son los cambios en los mecanismos de percepción y ejecución
- Neurales: estos se encuentran desde las conexiones sinápticas y los circuitos nerviosos (Riera, 2010).

### **1.12. Control motor en el deporte**

#### **1.12.1. Mecanismos nociceptivos y procesamiento central. Interacción nocicepción – respuesta motora.**

Los mecanismos básicos relacionados en los procesos nociceptivos como el dolor y los cambios de patrones motores, se relacionan con la descarga directa de estímulos nociceptivos desde las terminaciones nerviosas de las fibras aferentes hacia las motoneuronas del músculo, cambios en los receptores propioceptivos y mecanismos espinales de inhibición refleja en el tronco encefálico y en la médula espinal (Cano de la cuerda, Martínez, Miangolarra, 2016).

El estrés, el miedo, la ansiedad, son estados crónicos que se relacionan con el aumento de la contractibilidad del músculo estriado, así como una disminución

en el flujo vascular, estrés oxidativo, hipoxia en los músculos (Cano de la cuerda, Martínez, Miangolarra, 2016).

### **1.12.2. Cambios estructurales y funcionales en el tejido musculoesquelético por sobreuso mecánico.**

El sobreuso de la musculatura provoca un agotamiento en el sistema miofascial que puede intervenir como un factor que puede desencadenar la formación de puntos gatillo miofasciales (Cano de la cuerda, Martínez, Miangolarra, 2016).

Algunos autores, mencionan que los puntos gatillos miofasciales toman un papel importante en las causas del calambre muscular asociado a la contracción muscular involuntaria, alteraciones en el reclutamiento y tiempo de activación de los músculos antagonistas y sinergistas al momento de la realización de un gesto deportivo de forma repetitiva (Cano de la cuerda, Martínez, Miangolarra, 2016).

El sobreuso mecánico causa cambios estructurales en la composición de la fascia muscular, afectando tanto el tejido conjuntivo como las terminaciones nerviosas aferentes, dando como consecuencia una sobreproducción de colágeno y una modificación en las propiedades mecánicas del tejido miofascial por disminución de la concentración de agua y ácido hialurónico y aumento de la rigidez (Cano de la cuerda, Martínez, Miangolarra, 2016).

Es por esto que los cambios que sufre el tejido musculoesquelético se debe al incremento de la actividad contráctil que está ligada con los cambios inducidos por el entrenamiento, por esta razón las fibras de contracción rápida muestran una mejor respuesta al entrenamiento que las fibras de contracción lenta, repercutiendo fisiológicamente en la generación de velocidad, fuerza y resistencia a la fatiga (Boffi,2008).

### **1.13. Proceso de reentrenamiento neuromuscular**

#### **Reeducación propioceptiva y optimización de capacidades físicas básicas.**

Para un correcto control neuromuscular, se necesita una integración motora, sensorial y central para percibir y analizar la información captada por los receptores propioceptivos para converger esta información en las motoneuronas Alfa y Gamma con el procesamiento a nivel del SNC como eje y ejecutar una acción motora satisfactoria (Burgos & Osorio, 2008).

La eficacia del proceso de reentrenamiento neuromuscular depende de una optimización de las capacidades físicas en relación con la velocidad, la flexibilidad, la resistencia y la fuerza con el objetivo de alcanzar un rendimiento motriz máximo (Burgos & Osorio, 2008).

La velocidad es la capacidad que permite realizar acciones motrices en un tiempo mínimo. Los factores que intervienen en su desarrollo son el tiempo de reacción motora y la amplitud de movimiento. El tiempo de reacción es el tiempo que tarda en comenzar una respuesta motora después de un estímulo perceptivo ya sea táctil, visual, auditivo, propioceptivo etc. La amplitud de movimiento se define como la capacidad de realizar un gesto motor de forma correcta y depende de otros componentes como la flexibilidad y la fuerza (Cano de la cuerda, Martínez, Miangolarra, 2016).

En todos los deportes, la velocidad es la aplicación de fuerza en un mínimo periodo de tiempo, es por esto que la fuerza se define como la capacidad física que permite vencer una carga u oponerse a ella a una velocidad de movimiento concreta, y para esto se necesita un adecuado control motor (Cano de la cuerda, Martínez, Miangolarra, 2016).



Al mismo tiempo, la flexibilidad se define como la capacidad de una articulación para movilizarse con libertad en toda la amplitud de movimiento. La flexibilidad también influye en la potencia muscular es decir la fuerza por velocidad (Cano de la cuerda, Martínez, Miangolarra, 2016).

La disminución de la capacidad viscoelástica del tejido miofascial delimita la adecuada distribución de fuerzas ya que aumenta el riesgo de lesiones deportivas por incremento de tracción en las zonas de inserción o por disminución de las capacidades adaptativas del sistema miofascial en movimientos de alta amplitud y alta velocidad (Burgos & Osorio, 2008).

#### **1.14. Entrenamiento funcional**

Los principales fundamentos y principios básicos de entrenamiento en los que se basa el entrenamiento funcional son:

- La propiocepción: es el primer elemento para generar un entrenamiento funcional óptimo, la propiocepción reduce las lesiones ligamentarias por ser información aferente, trabaja directamente sobre el desempeño y control motor y es usada para dar cuenta de la ubicación y movimiento articular en movimientos reflejos o movimientos activos (Burgos & Osorio, 2008).
- Repercusión de cadenas musculares: el cerebro no entiende de músculos, entiende de movimientos de modo que los movimientos implican la participación de músculos agonistas y antagonistas para una correcta sinergia o equilibrio muscular, estableciendo un trabajo en forma de cadenas a través de la coordinación intermuscular e intramuscular para la realización de un gesto deportivo, por esto también es importante trabajar sobre la fuerza muscular para mejorar la estabilidad articular y el equilibrio de la musculatura (Burgos & Osorio, 2008).
- Estabilización del centro (core): la facilitación muscular del recto abdominal, oblicuos abdominales, transverso del abdomen, glúteos, erector de la columna, es importante en el trabajo de estabilización ya que

ayuda en el mantenimiento del equilibrio, la eficiencia mecánica y la funcionalidad, lo que implica un desarrollo óptimo de la fuerza a través de las cadenas musculares y una mejor aptitud postural y física (Cano de la cuerda, Martínez, Miangolarra, 2016).

Para aplicar un entrenamiento funcional es necesario verificar los distintos factores en relación al tipo de deporte o actividad física que se va a realizar, el propósito del programa de entrenamiento, las características de la persona que va a participar, factores psicosociales y el historial de lesiones (Cano de la cuerda, Martínez, Miangolarra, 2016).

Es decir, se propone un programa de entrenamiento distinto y adaptado para cada deportista y basado en la exposición progresiva de cargas mediante el uso del propio cuerpo como la principal carga y el uso de materiales extras mediante el uso de superficies inestables como el bosu, fitball, discos dinámicos acompañados de bandas elásticas, cuerdas, pesas etc., para brindar una mejor variabilidad y motivación al deportista (Burgos & Osorio, 2008).

### **1.15. Entrenamiento neuromuscular**

Se define al entrenamiento neuromuscular como una técnica de entrenamiento que tiene como objetivo mejorar la comunicación entre los músculos y el cerebro para ganar una estabilidad dinámica y a su vez el control motor multiarticular con la ayuda de herramientas y ejercicios para establecer la sincronía y la sinergia de los patrones de activación muscular (Medina, 2020).

El componente muscular tiene diversas funciones tanto mecánicas como su primordial función que es generar movimiento, así como también el soporte articular entre articulaciones. Uno de los componentes de mayor importancia del complejo muscular es su componente neurológico que proporciona la máxima

contracción generando movimiento que al combinarse con el sistema nervioso genera información del estado de tensión y longitud del músculo para generar una acción (Medina, 2020).

Un entrenamiento guiado y eficaz forma parte del correcto entrenamiento muscular sobre zonas específicas que se quiera tratar por medio del homúnculo mismo que rige sobre el organismo humano en función a las diferentes zonas corporales siendo así capaz de seleccionar selectivamente músculo o grupos musculares a tratar (Robles & Baranda, 2017).

### **Métodos para entrenamiento neuromuscular.**

1. Bosú Balance Trainer, es una herramienta usada comúnmente para el trabajo propioceptivo, consta de dos superficies, una plana que es usada para entrenamiento de equilibrio y la parte de la semiesfera de látex usada para entrenamiento aeróbico combinado de trabajo propioceptivo (LBDC, 2020).
2. Apoyo unipodal sobre superficies estables, pudiendo trabajar con los ojos cerrados, ojos abiertos, variación con posición de brazos, etc, este ejercicio consta del apoyo en un solo pie, es por esto que el usuario requiere de mucha estabilidad y equilibrio tanto en la zona del tobillo como en rodilla y cadera. Se debe cuidar la postura general del usuario, por ejemplo, el valgo de rodilla, ya que sería un indicativo de una excesiva pronación de pie o baja estabilidad de cadera por lo que el ejercicio para incrementar la estabilidad articular no sería totalmente efectivo (Sportlife,2018).
3. Superficies inestables, son materiales o medios de entrenamiento maleables, que por su diseño y características físicas tienen la capacidad de deformarse o desplazarse por la aplicación de fuerzas con el fin de aumentar los requerimientos de estabilización activa brindando mayor potencia a la actividad propioceptiva y a la demanda de control

- neuromuscular. Los medios más utilizados para esta actividad son: el bosu, physio-roll, fitball, dyna disc, foam roller, etc (Heredia et al., 2012).
4. Plataforma Wii, es una consola de juegos de realidad virtual, usada en el campo de la rehabilitación, posee diversos programas de juegos que tienen como objetivo estimular la búsqueda de nuevas posiciones posturales por medio del movimiento de todo el cuerpo y no solo utilizando los dedos como se lo realiza con juegos clásicos y tradicionales. Este aparato trabaja con una báscula llamada Wii Fit que capta rápidamente los movimientos del usuario debido a los sensores de presión que dan una idea sobre la posición del pie, la distribución del peso corporal y el centro de equilibrio (Córdoba et al.,2015).
  5. Salto lateral, este ejercicio se lo realiza comúnmente como el gesto deportivo del portero en el caso de fútbol, sirve para activar los mecanorreceptores de miembro inferior, aumentar la estabilidad articular y el equilibrio, así como trabajar en la velocidad gestual. El ejercicio se lo realiza mediante un obstáculo o valla y el usuario saltará por encima del mismo en forma lateral con un solo pie para posteriormente recibir la pelota que tendrá que atrapar con la mano (Luque, 2014).
  6. Salto en 8, se lo practica de forma unipodal en una superficie estable, con el objetivo de aumentar estabilidad articular estimulando receptores articulares, se realiza saltando en un solo pie y formando el número 8 (Luque, 2014).
  7. Salto único, el usuario lo practica tanto en forma unipodal como bipodal y en superficies estables e inestables (Luque, 2014).

#### **1.16. Evaluación fisioterapéutica en tobillo.**

1. Escala visual análoga EVA, permite medir la intensidad del dolor. Consta de una línea horizontal de 10 cm que tiene en los extremos expresiones extremas de intensidad desde 0 catalogado como “sin dolor” y 10 “dolor intenso” (Camacho, Pesado & Rumbo, 2016).
2. Plataforma de fuerza, es un dispositivo que contiene ejes en un sistema de coordenadas octagonales x, y, z diseñado para medir la fuerza de

reacción 3D durante el salto, marcha, carrera, etc., proporcionando también información sobre el centro de presión de equilibrio. Posee una capacidad de 4450 Newton para brindar una gran protección contra la sobrecarga. Los datos obtenidos son reflejados en un computador y el evaluador anotará los resultados tanto en la evaluación como en post tratamiento (Aguado, 2017).

3. Prueba de reproducción angular pasiva, se ejecuta con un dispositivo motor que mide la exactitud de replicación de la posición articular. Este dispositivo mueve pasivamente las extremidades a una velocidad de 0,5 grados/seg mientras que el usuario se encuentra con los ojos vendados y auriculares para eliminar señales que confundan la detección del movimiento y sensación articular. Para poder registrar valores obtenidos, el sujeto debe reproducir la posición antes realizada y se mide mediante un goniómetro (Tironi,2016).
4. Star Excursion Balance Test, es una prueba dinámica que ayuda a detectar deficiencias en el control postural dinámico y a evaluar el rendimiento físico del atleta. Esta prueba se la realiza con cintas de 6 a 8 pies de longitud, separadas entre sí por un ángulo de 45° colocadas en el piso en forma de estrella. El usuario debe mantener el equilibrio sobre una pierna, mientras usa el miembro inferior contralateral para llegar lo más lejos posible en 8 direcciones, para medir el alcance que el usuario obtuvo se utiliza una cinta métrica y se registra en una tabla (Cardona & Buitrago, 2019).
5. Goniometría, se trata de una técnica donde se utiliza un dispositivo llamado goniómetro que sirve para medir ángulos de movimiento, y determinar si existe limitación o posee un rango normal (Seco, 2016). En referencia al tobillo se mencionan los rangos de movimientos fisiológicos y la técnica utilizada para cada movimiento.

<b>Movimiento</b>	<b>ROM</b>	<b>TÉCNICA</b>
Dorsiflexión	20°	Fulcro: maléolo externo Rama fija: eje longitudinal diáfisis del peroné Rama móvil: eje longitudinal 5to metatarsiano

Plantiflexión	40°	Fulcro: maléolo externo Rama fija: eje longitudinal diáfisis del peroné Rama móvil: eje longitudinal 5to metatarsiano
Inversión	30-40°	Fulcro: maléolo lateral Rama fija: eje longitudinal de la pierna Rama móvil: superficie plantar
Eversión	15-35°	Fulcro: maléolo medial Rama fija: eje longitudinal de la pierna Rama móvil: superficie plantar

(Seco, 2016).

6. Test de FADI (índice de discapacidad de pie y tobillo), se trata de un cuestionario que permite evaluar la capacidad funcional del pie y tobillo. Consta de 26 preguntas sobre actividades de la vida cotidiana, puntuables de 0 (incapaz de realizar) a 4 (ninguna dificultad) (Salazar, 2018).

Patient Name: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

Please answer every question with one response that most closely describes your condition within the past week by marking the appropriate number in the box. If the activity in question is limited by something other than your foot or ankle, mark N/A.

0 Unable to do      2 Moderate difficulty      4 No difficulty  
1 Extreme difficulty      3 Slight difficulty

Standing		Walking up hills	
Walking on even ground		Walking down hills	
Walking on even ground without shoes		Going up stairs	
Walking on uneven ground		Going down stairs	
Stepping up and down curbs		Squatting	
Sleeping		Coming up to your toes	
Walking initially		Walking 5 minutes or less	
Walking approximately 10 minutes		Walking 15 minutes or greater	
Home responsibilities		Activities of Daily Living	
Personal Care		Light to moderate work (standing, walking)	
Heavy work (push/pulling, climbing, carrying)		Recreational activities	

**Pain related to the foot and ankle:**

0 Unbearable      2 Moderate Pain      4 No Pain  
1 Severe Pain      3 Mild Pain

General level of pain		Pain at rest	
Pain during your normal activity		Pain first thing in the morning	

Annexure: Foot and Ankle Disability Index (FADI)<sup>9</sup>

Figura 6. Test de FADI. Tomado de Physiopedia, 2017.

## CAPITULO II: JUSTIFICACIÓN

Los atletas que dentro de sus actividades deportivas requieran saltar, hacer giros o pivotar tienden alto riesgo a sufrir esguince de tobillo y una inestabilidad crónica, relacionada con el déficit funcional que conlleva a una discapacidad a largo plazo para el deportista, misma que pueda repercutir en la interrupción de la actividad a desempeñarse afectando la parte económica, emocional, social y la calidad de vida (Rivera, et al., 2017).

Dentro de las lesiones en el ámbito deportivo el esguince de tobillo es la más frecuente en el sistema músculo esquelético, existen por lo menos 680.000 nuevos esguinces anuales, el 70% corresponden a esta lesión y se encuentran dentro del promedio de edad de 15 a 24 años según el estudio realizado en Países Bajos por Mailuhu y cols. (2015).

La guía dada por el Colegio Holandés de Médicos Generales recopiló resultados de varios tratamientos en esguinces agudos de tobillo. Uno de ellos es la aplicación del método RICE (reposo, hielo, compresión y elevación), cuyo tratamiento no tiene pruebas sólidas que demuestren su eficacia. Otro tratamiento utilizado es el inmovilizador o vendaje funcional, que también carece de resultados para comprobar el grado de eficacia. Por último, se menciona el entrenamiento neuromuscular no supervisado para la prevención de la recurrencia de nuevos esguinces de tobillo, cuyo programa tuvo una disminución del 35% en la recurrencia de lesión en pacientes intervenidos desde su diagnóstico inicial y sometidos o no a un tratamiento previo (Mailuhu, et al., 2015).

La recurrencia de esguinces de tobillo repercute en el atleta a nivel funcional como mecánico, producto de la inestabilidad en la articulación. Es por ello, que la prevención de esta lesión en los deportistas tiene como propósito disminuir la inactividad o reposo del jugador dentro de su actividad deportiva, o una

reincidencia a la misma, protegiéndola de degeneraciones articulares, dolor crónico y pérdida de la propiocepción (Vasconcelos, et al. 2018).

Verhagen y cols, (2015) realizó un estudio de 8 a 10 semanas de entrenamiento intensivo, con el fin de prevenir los esguinces de tobillo recurrentes en atletas. Para determinar la efectividad de métodos ortopédicos y el entrenamiento neuromuscular, formó cuatro grupos que se dividía en: grupo 1. Vendaje, grupo 2. Órtesis, grupo 3. combinación entre entrenamiento neuromuscular propioceptivo (ENP) más aparatos ortopédicos y grupo 4. entrenamiento de fuerza de la musculatura eversora del tobillo.

Los dos primeros grupos demuestran la eficacia de sus tratamientos, pero no poseen un efecto protector después de una primera lesión, el tercer grupo demuestra efectividad debido a la combinación de estas dos técnicas de tratamiento, siendo significativa la eficacia y disminución del tiempo de recuperación a 6 semanas. Por último, el cuarto grupo demuestra eficacia con el fortalecimiento de la musculatura eversora del tobillo, en especial del peroneo largo, que podría prevenir una extrema inversión, que es el mecanismo más frecuente del esguince de tobillo.

Concluye que para deportes de alto impacto o alto riesgo como es el caso del baloncesto, fútbol, voleibol, es eficaz la combinación del tratamiento ortopédico y ENP para la reducción del tiempo de recuperación del atleta y para evitar futuras recidivas (Burger, et al. 2018).

Es por ello, que esta revisión sistemática se ha enfocado en indagar varios artículos que proponen protocolos de entrenamiento neuromuscular en esguince de tobillo o inestabilidad crónica en atletas, para analizar y determinar la efectividad de estos tratamientos, teniendo en cuenta diferentes programas que se plantean para mejorar la fuerza, dolor, estabilidad, movilidad y equilibrio con métodos y ejercicios (Van Reijen y cols, 2016).



## **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar la eficacia del entrenamiento neuromuscular en atletas con antecedentes de esguince de tobillo mediante una revisión sistemática basada en ensayos clínicos aleatorizados.

## **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar los efectos obtenidos luego del tratamiento fisioterapéutico con entrenamiento neuromuscular.
- Establecer que protocolos de entrenamiento neuromuscular determinaron resultados significativos en la eficacia para tratamiento de esguinces de tobillo en atletas.

## **CAPITULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA**

La estrategia de búsqueda se ejecutará en bases de datos como: PubMed, Science Direct, PEDro y Google Académico. Se realizó la búsqueda de artículos principalmente en inglés, de los últimos 5 años, empleando las siguientes palabras claves: *neuromuscular training*, *ankle sprain*, *athletes*. Estas palabras se combinarán con el conector en inglés *and*, con el objetivo de realizar una búsqueda más puntual sobre el tema de investigación a tratar.

### **3.2. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN**

Se incluirán ensayos controlados aleatorios (RCT) que determinen la aplicación del entrenamiento neuromuscular en esguince de tobillo e inestabilidad articular en atletas. Los criterios a incluir serán:

1. Atletas que hayan sufrido esguince de tobillo o inestabilidad.
2. Técnicas de tratamiento que implique el entrenamiento neuromuscular.

Los estudios a excluir serán revisiones bibliográficas, artículos de opinión, estudios que no se encuentren entre los últimos 5 años y artículos que estén por debajo de 6 en la calificación de la escala de PEDro.

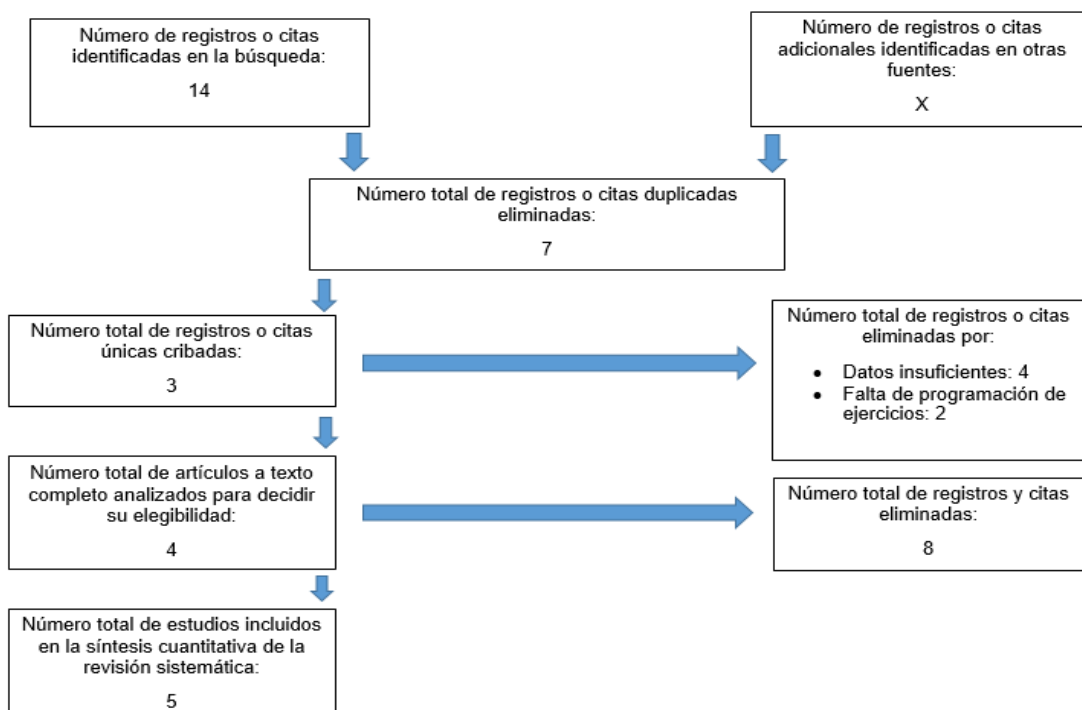
### **3.3. RECOLECCIÓN DE DATOS**

Los datos extraídos de cada artículo serán: año de publicación, autores, protocolo aplicado para el grupo de intervención, tipo de deporte y los efectos en las siguientes variables: equilibrio, dolor, fuerza, funcionalidad y estabilidad, adicional la calificación obtenida según la escala de PEDro.

### 3.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS

Un total de 14 estudios se consiguieron en diferentes bases de datos utilizadas, de los cuales 9 estudios fueron excluidos por no cumplir con los criterios de inclusión mencionados anteriormente.

La selección de estudios se describe a continuación en la figura 7.



*Figura 7.* Diagrama de flujo para la selección de artículos.

Se seleccionaron 5 ensayos clínicos aleatorizados para realizar este proyecto, el número de atletas que participaron varía entre 50 en el estudio de Mohammadi y cols. (2020) y 474 atletas en la investigación de Foss y cols. (2018), dando un total de 1253 atletas incluidos en estas publicaciones. Todos los participantes fueron hombres y mujeres, con edades entre los 12 a 70 años.

Las técnicas de evaluación utilizadas en los artículos analizados fueron: 1. Escala Visual Análoga (EVA), 2. Plataforma de fuerza, 3. Prueba de reproducción

angular pasiva, 4. Star Excursion Balance Test (SEBT), 5. Goniometría de tobillo, 6. Test de FADI como test funcional.

Como parte del tratamiento, en cada estudio se mencionaron diferentes técnicas de entrenamiento neuromuscular: 1. Órtesis combinado con ejercicios propioceptivos, 2. DVD con ejercicios, 3. Aplicación móvil con ejercicios de propiocepción, 4. Intervención SHAM, 5. Intervención CORE, 6. Plataforma Wii con ejercicios de saltos, 7. Folleto con ejercicios propioceptivos.

### **Valoración de la calidad metodológica según la escala de PEDro.**

La escala de PEDro fue desarrollada para reconocer los ensayos estadísticos, experimentales a doble ciego, aleatorizados y cuasi experimentales, que pueden ser válidos para ser seleccionados en la toma de decisiones clínicas (López, 2015).

Esta escala consta de once preguntas de respuestas dicotómicas SI o NO. En ocasiones se excluye la primera pregunta relacionada con la validez externa del estudio, por lo que, la puntuación final corresponde a las respuestas de las preguntas 2 a 11 (López, 2015).

Se considera un estudio de calidad alta a todos aquellos que obtengan una puntuación de 6 o más, y un estudio de calidad baja, a todos los que se hayan calificado con una puntuación 5 o menos (López, 2015).

Se muestra la valoración final de los estudios que fueron seleccionados:

	Referencia	P1 Criterios especifica dos	P2 Asignación aleatoria	P3 Ocultamiento de la asignación	P4 Grupos similares de línea de base	P5 Cegamiento de los participantes	P6 Cegamiento de los terapeutas	P7 Cegamiento del evaluador	P8 Abandono s <15%	P9 Análisis por intención a tratar	P10 Diferencia reportadas entre grupos	P11 Punto estimado y variabilidad reportada	TOTAL
1	Janssen, et al. (2016).	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	7/11
2	Van Reijen, et al. (2017).	-	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	8/11
3	Mohammadi, et al. (2020).	-	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	8/11
4	Foss, et al. (2018).	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	9/11
5	Mailuhu, et al. (2015).	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	9/11

Figura 8. Tabla de valoración según la escala de PEDro.

### 3.5. EVALUACIÓN CUALITATIVA

La prueba Chi cuadrado de Pearson es la técnica más utilizada en evaluación de datos, mide la diferencia entre una distribución de frecuencias. Su principal objetivo es mostrar la relación entre las variables a estudiar (Mendivelso & Rodríguez, 2018).

Se clasificaron los estudios seleccionados de acuerdo a: 1. Tipo de técnica usada, 2. Tipo de deporte, con el objetivo de determinar si el resultado de los 10 estudios que trabajaron sobre equilibrio, dolor, fuerza, funcionalidad y estabilidad fueron significativos o no.

Tabla 1. *Tipo de método de tratamiento utilizado y número de artículos por técnica.*

<b>Técnicas utilizadas</b>	
Entrenamiento neuromuscular propioceptivo	3
Órtesis y ejercicios propioceptivos	1
DVD con ejercicios	1
Aplicación móvil con ejercicios propioceptivos	2
Intervención SHAM	1
Intervención CORE	1
Plataforma Wii	1
Folleto de ejercicios	1
RICE	1

Tabla 2. *Tipo de deporte y número de artículos por deporte.*

<b>Tipo de deporte</b>	
Actividad física general	3
Baloncesto	2
Voleibol	1
Fútbol	1

## **CAPITULO IV: RESULTADOS**

Los artículos que fueron seleccionados indican que la efectividad del entrenamiento neuromuscular aún se encuentra en discusión. Se incluyeron diez artículos, donde cada uno menciona diferentes técnicas de evaluación y metodologías de tratamiento neuromuscular propioceptivo.

### **4.1. Efectos obtenidos con el tratamiento de entrenamiento neuromuscular.**

Los 5 ensayos controlados aleatorizados, obtuvieron los siguientes resultados: En el estudio realizado por Janssen y cols. (2016) menciona que reclutaron 340 atletas de los cuales fueron asignados al azar a tres grupos de intervención, cuyo objetivo fue verificar la eficacia de distintas intervenciones para prevenir esguinces de tobillo.

El primer grupo de intervención recibió un programa de entrenamiento muscular sin supervisión de 8 semanas, estos participantes recibieron hojas de ejercicios y un DVD instructivo de ejercicios propioceptivos. El segundo grupo utilizó solo un aparato ortopédico semirrígido para usar durante todas las actividades deportivas en un año, y el tercer grupo recibió tanto el programa de entrenamiento muscular como un aparato ortopédico por 8 semanas. Como resultado se detalla que el primer grupo que realizó entrenamiento neuromuscular mostró mejoría en el equilibrio, dolor y fuerza (OR 1,72; IC del 95%: 1.09- 2.70), mientras que el grupo dos que uso un aparato ortopédico mostró un resultado significativo en el resultado de la estabilidad (IC del 95%: 0.17-0.47), y el tercer grupo que trabajó entrenamiento combinado mostró mejoría significativa en la funcionalidad (IC del 95% 0.36- 0.90).

Según Mohammadi y cols. (2020) menciona en su estudio realizado a 50 jugadores de baloncesto hombres de 18 a 30 años con inestabilidad unilateral



de tobillo, los distribuyó en 2 grupos, uno experimental y control. Donde el grupo experimental fue sometido a juegos de Wii Fit Plus, combinado el gesto deportivo con salto lateral, salto en 8 y salto único, durante 1 mes 3 sesiones a la semana y el grupo control no tuvo entrenamiento. En conclusión, el Wii Fit Plus que fue utilizado en el grupo experimental mostró un resultado significativo en equilibrio, dolor, fuerza, y estabilidad. ( $p < 0,001$ ). Comparando los saltos laterales y en 8, se mencionan diferencias significativas al acompañarse con entrenamiento de gestos deportivos, a diferencia del salto único que no mostró ninguna significatividad ( $p > 0.05$ ). Los autores concluyen que el Wii Fit Plus podría considerarse una intervención de fisioterapia para estimular los movimientos en todos los planos, mejorar el equilibrio, estabilidad y la reducción del dolor.

De la misma manera VanReijen y cols. (2017), menciona que reunió a 220 atletas y los dividió en 2 grupos en un periodo de seguimiento de 8 semanas para determinar un programa de fortalecimiento de tobillo para prevenir lesiones recurrentes. Al primer grupo de 110 participantes se le otorgó una aplicación digital y al segundo grupo de 110 atletas un folleto impreso. Tanto el folleto y la aplicación contenían el mismo programa de entrenamiento neuromuscular que consistía en 6 ejercicios diferentes que se realizaban 3 veces a la semana por 2 meses. Como resultado se detalla que las intervenciones mencionadas anteriormente mejoran significativamente el dolor, la fuerza y la funcionalidad y estabilidad (IC del 95%: 0.38-0.92), sin embargo los resultados que se obtuvieron con el grupo que trabajó mediante el folleto de ejercicios no logró una relevante significatividad en el equilibrio y la estabilidad articular, ya que los ejercicios trabajados en DVD fueron más interactivos por lo que utilizó videos e imágenes que mostraban a detalle el procedimiento y la técnica a usar. Los autores concluyen que las aplicaciones móviles permiten nuevas funciones como instrucciones verbales y videos que muestran la correcta ejecución de los ejercicios, es por esto que recomiendan usar conjuntamente estas dos técnicas.

Otro autor como Mailuhu y cols. (2015), detalla un estudio aleatorizado a pacientes entre 14 a 65 años con antecedentes de esguince de tobillo, 3

semanas posteriores a su lesión. Se distribuyó a los participantes en un grupo control al cual se le dio tratamiento RICE (reposo, hielo, compresión, elevación) acompañado de un folleto físico de ejercicios de ENM y al grupo de intervención al cual se los sometió a entrenamiento neuromuscular estandarizado. El tiempo de intervención para los dos grupos fue de 8 semanas, cada participante entrenaba individualmente, sin la supervisión de un entrenador o médico.

Dando como resultado, que el grupo control no destaca una significatividad a la recuperación eficaz tras un esguince agudo de tobillo en comparación al grupo de intervención donde se pudo determinar la eficacia del tratamiento debido a la mejoría en el equilibrio, dolor, fuerza, funcionalidad y estabilidad (RR=0,67; IC del 95%: 0.35- 1.22).

En el artículo de Foss y cols. (2018) se describe un análisis de un programa de entrenamiento NM, realizado a 5 escuelas intermedias y 4 escuelas secundarias con un total de 474 niñas que practicaban baloncesto, fútbol y voleibol. A las mismas, se dividió aleatoriamente en dos grupos. El grupo de intervención CORE conformado por 259 atletas enfocó ejercicios en la zona de tronco y extremidades inferiores. Y el segundo grupo SHAM conformado por 215 atletas que realizaban ejercicios de carrera resistida mediante bandas elásticas. Los dos grupos realizaban un entrenamiento durante 20 a 25 minutos, 3 veces por semana, el avance deportivo sería evaluado por un entrenador de atletismo semanalmente durante cada temporada deportiva.

Los resultados de esta comparación de entrenamientos mostraron que el grupo SHAM presentó una participante con recidiva de esguince de tobillo, a comparación del grupo CORE cuyos resultados de su entrenamiento arrojaron un resultado no significativo en la mejoría del dolor.

Evidenciándose una disminución de entre 5.74% a 11.63% lesiones / 1000hrs de participación deportiva en el grupo de entrenamiento CORE, cuya intervención

obtuvo una protección de reincidencia de lesión en la temporada deportiva, pero existía dolor en los atletas. A comparación del grupo SHAM que también tuvo una disminución de entre 4.03% a 5.94% lesiones / 1000hrs de participación deportiva, pero en menor porcentaje.

#### 4.2. Eficacia de los protocolos de entrenamiento.

Mediante los datos analizados y explicados anteriormente, se realizó un análisis comparativo por medio del Chi<sup>2</sup>, entre las variables de equilibrio, dolor, fuerza, funcionalidad y estabilidad relacionadas al tipo de técnica usada y al tipo de deporte, con el objetivo de verificar si existe un resultado significativo o no de los estudios ya revisados.

Tabla 3. *Relación entre técnica utilizada y equilibrio, dolor, fuerza, estabilidad y funcionalidad.*

<b>Características</b>	<b>Equilibrio</b>		<b>P- Value</b>
<b>Técnica utilizada</b>	<b>Significativo</b>	<b>No significativo</b>	<b>0.202</b>
ENM	3 (30.00)	0 (0.00)	
Órtesis	1 (10.00)	0 (0.00)	
DVD con ejercicios	1 (10.00)	0 (0.00)	
App móvil con ejercicios	1 (10.00)	0 (0.00)	
Intervención SHAM	0 (0.00)	1 (100.00)	
Intervención CORE	1 (10.00)	0 (0.00)	
Plataforma Wii	1 (10.00)	0 (0.00)	
Folleto de ejercicios	1 (10.00)	0 (0.00)	
RICE	1 (10.00)	1 (100.00)	
	<b>Dolor</b>		<b>0.938</b>
ENM	2 (20.00)	1 (100.00)	
Órtesis	1 (10.00)	0 (0.00)	

DVD con ejercicios	1 (10.00)	0 (0.00)
App móvil con ejercicios	1 (10.00)	0 (0.00)
Intervención SHAM	1 (10.00)	0 (0.00)
Intervención CORE	1 (10.00)	0 (0.00)
Plataforma Wii	1 (10.00)	0 (0.00)
Folleto de ejercicios	1 (10.00)	0 (0.00)
RICE	1 (10.00)	0 (0.00)
	<b>Fuerza</b>	<b>0.589</b>
ENM	2 (22.22)	1 (50.00)
Órtesis	1 (11.11)	0 (0.00)
DVD con ejercicios	1 (11.11)	0 (0.00)
App móvil con ejercicios	1 (11.11)	0 (0.00)
Intervención SHAM	1 (1.11)	0 (0.00)
Intervención CORE	1 (1.11)	0 (0.00)
Plataforma Wii	0 (0.00)	1 (50.00)
Folleto de ejercicios	1 (11.11)	0 (0.00)
RICE	1 (11.11)	0 (0.00)
	<b>Funcionalidad</b>	<b>0.202</b>
ENM	3 (30.00)	0 (00.00)
Órtesis	1 (10.00)	0 (0.00)
DVD con ejercicios	1 (10.00)	0 (0.00)
App móvil con ejercicios	1 (10.00)	0 (0.00)
Intervención SHAM	0 (0.00)	1 (100.00)
Intervención CORE	1 (10.00)	0 (0.00)
Plataforma Wii	1 (10.00)	0 (0.00)
Folleto de ejercicios	1 (10.00)	0 (0.00)
RICE	1 (10.00)	0 (0.00)
	<b>Estabilidad</b>	<b>0.202</b>
ENM	3 (30.00)	0 (0.00)
Órtesis	1 (10.00)	0 (0.00)
DVD con ejercicios	1 (10.00)	0 (0.00)
App móvil con ejercicios	1 (10.00)	0 (0.00)
Intervención SHAM	0 (0.00)	1 (100.00)

Intervención CORE	1 (10.00)	0 (0.00)
Plataforma Wii	1 (10.00)	0 (0.00)
Folleto de ejercicios	1 (10.00)	0 (0.00)
RICE	1 (10.00)	0 (0.00)

Por medio de la prueba del Chi<sup>2</sup> se determinó que la relación entre la técnica utilizada y el dolor, fuerza, no mostró un valor significativo a la mejoría de las variables antes mencionadas, sin embargo, el equilibrio (**p=0.202**), la estabilidad (**p=0.202**) y la funcionalidad (**p=0.202**) presentaron valores más cercanos al 0,05.

Tabla 4. *Relación entre tipo de deporte y equilibrio, dolor, fuerza, estabilidad y funcionalidad.*

<b>Características</b>	<b>Equilibrio</b>		<b>P- Value</b>
<b>Deporte</b>	<b>Significativo</b>	<b>No significativo</b>	<b>0.012</b>
Actividad física general	4 (40.00)	0 (0.00)	
Baloncesto	5 (50.00)	0 (0.00)	
Voleibol	0 (0.00)	1 (100.00)	
Fútbol	1 (10.00)	0 (0.00)	
	<b>Dolor</b>		<b>0.724</b>
Actividad física general	4 (40.00)	0 (0.00)	
Baloncesto	4 (40.00)	1 (100.00)	
Voleibol	1 (10.00)	0 (0.00)	
Fútbol	1 (10.00)	0 (0.00)	
	<b>Fuerza</b>		<b>0.402</b>
Actividad física general	4 (44.44)	0 (0.00)	
Baloncesto	3 (33.33)	2 (100.00)	
Voleibol	1 (11.11)	0 (0.00)	
Fútbol	1 (11.11)	0 (0.00)	
	<b>Funcionalidad</b>		<b>0.012</b>

Actividad física general	4 (40.00)	0 (0.00)
Baloncesto	5 (50.00)	0 (0.00)
Voleibol	0 (0.00)	1 (100.00)
Fútbol	1 (10.00)	0 (0.00)
	<b>Estabilidad</b>	<b>0.012</b>
Actividad física general	4 (40.00)	0 (0.00)
Baloncesto	5 (50.00)	0 (0.00)
Voleibol	0 (0.00)	1 (100.00)
Fútbol	1 (10.00)	0 (0.00)

Por medio de la prueba del Chi<sup>2</sup> se determinó que la relación entre el deporte y el equilibrio (**p= 0,012**), funcionalidad (**p= 0,012**) y estabilidad (**p= 0,012**), mostró un resultado significativo, por lo que se concluye que el tipo de deporte tiene una estrecha relación en la mejoría de estas variables.

## **CAPITULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES**

El fin de esta revisión sistemática es verificar los efectos del entrenamiento neuromuscular y conocer cuál es el protocolo de entrenamiento más efectivo en el tratamiento para esguince de tobillo e inestabilidad articular en atletas. Diferentes artículos mencionaron que la incidencia de lesiones en el tobillo es un parámetro válido y clínicamente relevante para evaluar el efecto de las intervenciones, sin embargo, se menciona que el riesgo de lesión también está asociado con el déficit en el control neuromuscular, propiocepción, fuerza, y equilibrio (Vasconcelos y cols, 2018).

### **Equilibrio**

El equilibrio es la capacidad para mantener una postura al estar de pie, sentado, de rodillas y al momento de la marcha. Son muchos los sistemas sensoriales del cuerpo que ayudan a tener un buen equilibrio. El oído interno, la vista y las articulaciones ayudan a tener noción del cuerpo en el espacio, por lo tanto, el sistema neuromuscular sintetiza la información para brindar estabilidad y poder distribuir de manera uniforme el peso de acuerdo a cada situación (Handerzahn-Mason, 2018).

Rigal en el año 2016, afirma que existen dos tipos de equilibrio, el dinámico y el estático, el primero menciona que ocurre cuando el centro de gravedad sale de la línea vertical corporal para hacer un desplazamiento y tras una acción reequilibradora regresar a la base de sustentación inicial, mientras el segundo busca un ajuste de la postura cuando el sujeto no realiza locomoción corporal.

El artículo de Van Reijen del año 2017, no mostró significancia en la mejoría del equilibrio, ya que tenía programas de entrenamiento neuromuscular mediante folleto de ejercicios por lo que no hubo una correcta supervisión del atleta al momento de verificar si el ejercicio estaba siendo desarrollado de forma correcta,

además no se podía tener en cuenta si cada atleta realizaba el ejercicio de manera continua.

Los 4 artículos restantes incluían ejercicios con resistencias para trabajar la musculatura del tobillo, saltos laterales y en forma de 8, ejercicios en diferentes tipos de superficies como el bosú, plataforma Wii y tablas de equilibrio; además presentaban mayor rango de movimiento, todo este trabajo, estimulaba los receptores articulares mediante la tensión muscular refleja, aumentando la sensibilidad y mejorando la transmisión de información al sistema nervioso central sobre la posición articular (Vásquez, 2017).

Estos artículos presentaban programas de entrenamiento con una duración de entre 8 semanas a 6 meses, de 30 minutos cada día, sin embargo, los autores mencionan que el tiempo si es importante, pero mientras más movimiento corporal ejerza el atleta, habrá más estimulación en los receptores articulares lo que aportará de forma más rápida y eficaz para la mejoría del equilibrio.

Pinzón en su estudio en el año 2017, tras un programa de entrenamiento neuromuscular para mejorar el equilibrio, de 6 semanas con una duración de 45 minutos, 5 veces por semana, concluyó que cuanto más equilibrio tiene un atleta menos fuerza tendrá que ejercer para estabilizar su cuerpo y realizar su gesto deportivo de forma eficaz, además menciona que cada deporte requiere una manera diferente de mejorar el equilibrio reaccionando de la manera más óptima ante las fuerzas que actúan para desestabilizar el cuerpo.

## **Dolor**

Yépez en el año 2019, menciona que las lesiones musculo-esqueléticas en el tobillo presentan principalmente dolor e inestabilidad mecánica o funcional, es por esto que cuando se va a realizar un tratamiento fisioterapéutico sea o no mediante un programa de entrenamiento neuromuscular se debe evaluar el nivel de dolor, tanto a la palpación como al movimiento.



Existen varios test o escalas que sirven para evaluar el dolor, como la escala de EVA que permite medir la intensidad o el Test de McGill que evalúa aspectos cuantitativos y cualitativos del dolor.

De los artículos revisados, solo uno utilizaba la escala de EVA para la evaluación del dolor, mientras que los otros estudios relacionaban la mejoría del dolor con la funcionalidad que tenían los atletas al terminar los distintos programas de entrenamiento neuromuscular.

Otros autores como Lazarou y cols. (2017), comparten el criterio del alivio del dolor relacionado con otras variables como fuerza muscular y rango de movimiento, detallan que en su estudio de 6 semanas con un programa de entrenamiento neuromuscular basado en ejercicios de fortalecimiento, estiramientos y equilibrio, encontraron mejoras estadísticamente significativas en el alivio del dolor relacionado con la mejoría en la fuerza de tobillo, explican que el trabajo propioceptivo, el de fortalecimiento y estiramiento disminuye el dolor mediante la eliminación de exceso de tensión de distintas zonas musculares en especial la de los peróneos, que generalmente se encuentran con un exceso de tono, generado por posturas o acciones inadecuadas, además mencionan que el entrenamiento produce una mejora en el rango de movimiento que también aporta con el alivio del dolor del atleta.

Además, Vásquez. (2017), concluye en su trabajo de titulación, que como complemento al entrenamiento neuromuscular se debería implementar agentes físicos que ayuden a los procesos inflamatorios como regenerativos de tejidos blandos que fueron afectados por un esguince de tobillo. Sin embargo, este tema se encuentra en discusión ya que en el estudio de Mailuhu y cols. (2015), detalla que un tratamiento que se aplica con frecuencia es el RICE, pero no existe pruebas sólidas que respalden que sea un tipo de tratamiento sea eficaz a la hora de mejorar el dolor, además existen técnicas, como es el caso de la

intervención CORE del estudio de Foss y cols. (2018), que no muestra una mejoría en el dolor ya que esta intervención centro su tratamiento mayormente en el trabajo de abdomen y tronco, por lo que el miembro inferior, especialmente el tobillo, no obtuvo un buen entrenamiento acompañado de fuerza muscular, estiramientos, etc., que logren disminuir el dolor.

## **Fuerza**

Un esguince de tobillo es una lesión común en los atletas que generalmente afecta el sistema ligamentoso del tobillo repercutiendo en la pérdida de fuerza muscular, laxitud ligamentosa y pérdida de propiocepción.

Los artículos tomados para esta revisión sistemática mencionaron mejoría en la fuerza muscular después de un entrenamiento neuromuscular, estos estudios realizaban ejercicios concéntricos, pliométricos y excéntricos.

Mercado y cols. (2016) aseguran que el ejercicio excéntrico aumenta significativamente la fuerza muscular, ya que se activan los órganos tendinosos de Golgi y se produce una disminución de tensión en las fibras musculares lo que evita una posible lesión, conjuntamente durante el trabajo excéntrico existe un reflejo llamado “cierre de navaja” lo que activa fibras musculares tipo II ricas en terminaciones de Golgi, que son más susceptibles a la contracción excéntrica, por esto detallan que la ganancia de fuerza muscular es más rápida ya que aumenta la potencia y requiere de menos recorrido articular la contracción, lo que hacía que los mecanismos neuromusculares involucren cambios en la activación de los mecanorreceptores, alteraciones en las propiedades viscoelásticas de los músculos y cambios en la activación de unidades motoras.

Guzmán y cols. (2019) y Mercado y cols. (2016), comparten el criterio que un programa de entrenamiento neuromuscular acompañado de ejercicios excéntricos debe tener una duración de entre 4 a 8 semanas de 20 a 30 minutos

por día, dependiendo el tipo de lesión, la duración de inmovilización y la etapa de evolución del paciente, así mismo recomiendan clasificar a los pacientes de acuerdo a los valores de fuerza muscular arrojados en la evaluación pre y post tratamiento.

Urrialde en el año 2016, concluye que los programas de fortalecimiento muscular incorporados en el entrenamiento neuromuscular, requieren una progresión desde el ejercicio isométrico hasta el ejercicio concéntrico/excéntrico desde las etapas más tempranas de la lesión. Así mismo, recomienda no perder de vista el aspecto funcional de la articulación y el comportamiento de cada elemento periarticular que la compone. Igualmente, destaca que tras un esguince de tobillo es importante realizar ejercicios de fortalecimiento muscular en cadena cinética cerrada con el fin de activar el sistema de estabilización muscular, así como fomentar el trabajo excéntrico especialmente en los músculos peróneos y tibial anterior que son los más afectados después de un esguince de tobillo, es por esto que en el estudio de Mohammadi y cols. 2020, se realizaron saltos en diferentes direcciones sumado a una plataforma inestable, trabajando el cadena cinética abierta, lo que dificultó al participante ganar o aumentar su nivel de fuerza muscular.

## **Funcionalidad**

El pie está sometido a diferentes cargas biomecánicas durante el deporte, estas cargas son transmitidas por las estructuras que le dan funcionalidad. Hay diferentes tipos de función: locomoción, soporte y fuerza, todas estas características son necesarias para llevar a cabo funciones tanto en actividades deportivas como en las actividades de vida cotidiana (Sánchez y cols, 2016).

En el estudio de Mailuhu y cols. (2015), la funcionalidad es evaluada mediante el test de FADI, un cuestionario de 4 ítems relacionados con dolor y 22 ítems relacionados en las actividades del atleta, Eechaute y cols. (2016), concluye que

este test es el más apropiado para cuantificar las discapacidades funcionales en atletas con inestabilidad o esguince de tobillo.

Los otros cuatro artículos estudiados en esta revisión evaluaron la funcionalidad post tratamiento mediante una relación con el alivio del dolor, dando un resultado positivo a la mejoría de funcionalidad en la articulación. Lazarou y cols. (2017), detalla que la mejoría de la funcionalidad está dada por el alivio del dolor, menciona que, en muchos estudios, el entrenamiento neuromuscular alivia las tensiones musculares y ligamentosas que hay después de una lesión de tobillo, así mismo el ENM mejora el rango de movimiento articular por lo que también se alivia el dolor.

Guzmán y cols. (2019), menciona que muchos de los programas de entrenamiento neuromuscular que incluyen ejercicios de fortalecimiento, estiramientos y propiocepción mejoran la funcionalidad del tobillo y disminuye el riesgo de una recidiva, sin embargo, también recomienda estudiar este tema de manera más profunda ya que los estudios actuales carecen de una programación de ejercicios bien dosificada.

## **Estabilidad**

Vanmeerhaeghe y Romero. (2015), refiere que el sistema neuromuscular depende del sistema sensoriomotor, ya que se incorporan todos los receptores y vías aferentes para generar una integración y procesamiento central, con el objetivo de conservar la estabilidad funcional de la articulación durante los gestos deportivos del atleta.

La estabilidad en el tobillo no solo depende del control articular del mismo sino también de las articulaciones adyacentes, muchos artículos señalan que la disminución del control del tronco, rodilla y cadera son causas principales en las lesiones de tobillo (Sánchez, 2017).

Cuatro artículos seleccionados para esta revisión mostraron resultados significativos en la mejoría de estabilidad articular, Janssen y cols. (2016) y Tarantino. (2015), mencionan que la conciencia cinestésica y el sistema propioceptivo están estrechamente asociados en el trabajo de la estabilidad articular, debido a que se activan reflejos que permiten un ajuste tanto a nivel músculo tendinoso como a los componentes de estabilidad de la articulación, estos envían información sobre la posición articular, tensión muscular, grado de acortamiento y alargamiento del músculo, ángulos de movimiento, rapidez y aceleración del cuerpo y equilibrio. Toda esta información la procesa el sistema nervioso central con el fin de realizar ajustes necesarios de los segmentos corporales para evitar una lesión en la práctica deportiva.

El estudio de VanReijen del año 2017 no tuvo significatividad a la mejoría de la estabilidad debido a que sus programas de entrenamiento en el folleto no mantenían ejercicios de fortalecimiento, o ejercicios con gesto deportivo que implique más movimiento por parte del atleta, además no tenían seguimiento ni supervisión del fisioterapeuta.

Tarantino. (2015), recomienda que para ganar estabilidad articular de forma eficaz se debe realizar ejercicios con cargas diferentes dependiendo del periodo de la temporada que se encuentre el atleta, detalla que se debería comenzar con ejercicios más sencillos y generales para ir aumentando progresivamente variables hasta llegar a un entrenamiento más intenso y con movimientos más semejantes al rol que desempeña el atleta.

En relación al tipo de deporte con la mejoría en el equilibrio, estabilidad y funcionalidad del atleta, Arcos. (2019), menciona que los gestos deportivos que se dan en el fútbol, voleibol, baloncesto, gimnasia, triple salto, etc., actúan mejorando el nivel de respuesta y el control postural de la articulación tanto del tobillo, como la rodilla y cadera, también Sell y cols. (2011), mencionan que al

momento del salto o la carrera las respuestas al movimiento y al impacto serán diferentes a las respuestas en reposo ( estabilidad postural estática) , ya que en este momento el atleta tratará de mantener la estabilidad postural dinámica activando los sistemas necesarios para mantener el equilibrio, la estabilidad articular y también generar coordinación.

A pesar de realizar un análisis estadístico en este estudio donde resultó que el ENM se acerca a un valor significativo en la mejoría del equilibrio, estabilidad y funcionalidad en el atleta, no se puede determinar que protocolo de entrenamiento neuromuscular es el más efectivo para tratar un esguince de tobillo o una inestabilidad articular, debido a la heterogeneidad de los estudios, pues en varios de ellos, se detallan diferentes técnicas de intervenciones, con diferentes tiempos de tratamiento, por lo que no existe una especificidad y los tiempos no se encuentran bien estandarizados.

## 5.1. Conclusiones

Es evidente que el entrenamiento neuromuscular puede ser beneficioso durante el tratamiento para esguinces de tobillo e inestabilidad articular en los atletas ya que se ha demostrado en los artículos estudiados en esta revisión, que los diferentes programas de ENM benefician tanto al mejoramiento del equilibrio como al dolor, fuerza muscular, estabilidad y funcionalidad del atleta, influyendo en su rendimiento físico y evitando una recidiva.

A pesar de la heterogeneidad de los estudios, el entrenamiento neuromuscular es una técnica útil para el tratamiento de un atleta después de un esguince de tobillo, sin embargo, se debe combinar con ejercicios que sean adaptados al gesto deportivo del atleta para que este tenga un mejor resultado.

En esta revisión sistemática, se determina que el resultado más cercano a un valor significativo se da en la mejoría del equilibrio, la estabilidad y la funcionalidad comparada con dolor y fuerza, además se establece que tanto el baloncesto, como el voleibol y las actividades físicas generales donde se intervenga el salto o la carrera mejoran significativamente la estabilidad articular, el equilibrio y la funcionalidad del atleta.

Todos los estudios aseguran que el trabajo de fortalecimiento muscular, equilibrio y estiramientos mejoran el dolor, al mismo tiempo existieron otros autores que detallan que al mejorar rango de movilidad articular también aporta beneficios en el alivio del dolor.

También se determina que la fuerza muscular no tiene un resultado relevante después de los programas de ENM, ya que se realizaron diferentes programas de entrenamiento como ejercicios por medio de DVD o folletos que no tenían

ningún tipo de supervisión ni seguimiento por lo que no se sabía el progreso ni la motivación del atleta.

La efectividad del ENM se atribuye a la mejoría de la funcionalidad, basada especialmente a una relación con el alivio del dolor y se menciona que los ejercicios de fortalecimiento, estiramiento y propiocepción mejoran rápidamente las funciones de un tobillo después de una lesión.

La estabilidad está íntimamente asociado al trabajo propioceptivo, es por esto que la rehabilitación sugiere incluir más ejercicios físicos en superficies inestables y cambios de dirección que provoquen respuestas musculares rápidas, favoreciendo un mejor control postural.

No se puede determinar un protocolo de ENM eficaz en la recuperación de un esguince de tobillo o inestabilidad articular, pero el trabajo propioceptivo mejora el equilibrio y estabilidad de tobillo cuando se trabaja con ejercicios excéntricos ya que los órganos de Golgi se activan, produciendo una menor tensión de la musculatura, y también se activa fibras musculares tipo II que son más afines con la contracción excéntrica, por lo que no solo se gana equilibrio y estabilidad sino también fuerza muscular de una manera más rápida debido a que el atleta requiere de menos recorrido articular pero más potencia.



## 5.2. Recomendaciones

Es recomendable que las investigaciones centren su búsqueda en parámetros establecidos que evalúen la condición del usuario con variables definidas como el dolor, fuerza, equilibrio, funcionalidad, estabilidad, con la finalidad de comparar minuciosamente la relevancia de un tratamiento recomendado para determinar cambios en el rendimiento físico o tiempo de recuperación tras un esguince de tobillo.

Así mismo es relevante que futuras investigaciones determinen una muestra mayor de participantes tanto para los grupos experimental como de control, para evidenciar resultados claros y notorios.

Es importante en futuros estudios detallar el programa de ejercicios a prescribir ya que es deficiente la descripción de estos, así como también los tiempos de intervención y duración de cada actividad, para que el trabajo ejecutado pueda ser comparado con programas de fisioterapia tradicional o combinaciones de técnicas deportivas, de igual forma fomentar técnicas guiadas a la recuperación del gesto deportivo que realice el atleta en su actividad deportiva.

## REFERENCIAS

- Aguado. X. (2017). Evaluación de la fuerza explosiva de miembros inferiores mediante plataformas de fuerza. *Laboratorio de biomecánica*. 1-4.
- Almendáriz. P, Bonifáz. I, Álvarez. E, Sánchez. A. (2019). La propiocepción, método de prevención de lesiones de tobillo. *Revista de Ciencia y Tecnología en la Cultura Física*. 14(3).
- Arcos. J. (2019). Efectos de los ejercicios propioceptivos en jugadores de baloncesto con esguince de tobillo. *UNACH*. 1-54.
- Bautista. J, Navarro. JR. (2011). Neuronas espejo y aprendizaje. *Rev. Fac.Med*. 339-351.
- Bekerom. M, Windt. D, Riet. G, Heijden. G, Bouter.L.(2011). Ultrasonido terapéutico para esguinces de tobillo. *Base de datos de revisiones sistemáticas Cochrane*. 6ta publicación.
- Boffi. F. (2008). Entrenamiento y adaptación muscular. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 37.
- Brazis. PW, Masdeu. JC, Biller. J. (2007). Síndromes topográficos del sistema nervioso central. *Neurowikia*. 49-75.
- Brotzman.S, Manske, R. (2012). Rehabilitación ortopédica clínica: Un enfoque basado en evidencia. 3ª Ed. España. Barcelona: Editorial Elsevier.
- Buffone. G, Parenti. S. (2015). Bases anatómico- funcionales para el aprendizaje motor. *11º Congreso Argentino de Educación Física y Ciencias*.
- Burgos. O, Osorio. M. (2008). Entrenamiento neuromuscular para la prevención de lesiones. *Universidad Tecnológica de Pereira*. 1-111.
- Camacho. L, Pesado. J, Rumbo. J. (2016). Opinión de enfermería y concordancia entre las escalas visual análoga, verbal y simple y numérica. *Santa Cruz de la Palma*. 10(1).
- Cameron. M. (2013). Agentes físicos en rehabilitación. España, Barcelona: Elsevier.

- Cano de la cuerda. R, Martínez. R, Miangolarra. J. (2016). Control y aprendizaje motor. *Editorial medica Panamericana*. 3-43.
- Cardona. F, Buitrago. J. (2019). Confiabilidad de los tests que miden las capacidades coordinativas en deportes acíclicos. *Revista digital: Actividad Física y Deporte*. 5(1).
- Catalán. D, Sierra. M, Ceballos. J, Rendón. M. (2018). Tratamiento de esguinces de tobillo en adultos laboralmente activos. *Revista de sanidad militar*. 72(3).
- Catalán. D, Sierra. M, Ceballos. J, Rendón. M. (2018). Tratamiento de esguince de tobillo grado II en adultos laboralmente activos. *Revista de sanidad militar*. (72)4.
- Chamorro. M, Campos. M, Durán. E. (2017). Esguince de tobillo. *Servicio de radiología y traumatología, Hospital ASEPEYO. Madrid*. 1-17.
- Cisneros. A. (2016). Inestabilidad crónica de tobillo. *Medigraphic.org.mx*. 12(1), 31-37.
- Córdoba. L, Gómez. V, Tello. L, Tovar. L. (2015). Efectos del tratamiento fisioterapéutico con Wii Balance Board en las alteraciones posturales. *Revista Ciencias de la Salud*. 13(2).
- Flores. J. (2012). Pies y tobillos fuertes. *ProQuet*, 1-3.
- González. A. (2012). El movimiento humano. *Universidad de Salamanca*. 201-222.
- Guzmán. E, Daigre. M, Soto. K, Concha. Y, Mendez. G, Sazo. S, Valdés. P. (2019). Efectos de un entrenamiento neuromuscular sobre el control postural de voleibolistas universitarios con inestabilidad funcional de tobillo: Estudio piloto. *Escuela de Kinesiología. Facultad de Salud. Universidad Santo Tomás. Chile*. 283-287.
- Handerzahn-Mason. J. (2018). Entrenamiento del equilibrio. *Revista Mayo Clinic*. 2(1).
- Heredia. J, Mata. F, Moral. S, Peña. G, Da Silva Grigoletto. M. (2012). Evidencias sobre los efectos del entrenamiento inestable para la salud y el rendimiento. *Journal PubliCE*.
- Hubscher. M, Zech. A, Pfeifer. K, Hansel. F, Vogt. L, Banzer. W. (2015). Neuromuscular training for sports injury prevention. *Med Sci Sport Exercises*. 413-21.
- La bolsa del corredor. (2020). Bosú, la importancia del equilibrio.

- Lazarou. L, Kofotolis. N, Pafis. G, Kellis. E. (2018). Efectos de un programa de entrenamiento neuromuscular en tobillo. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 31(3), 437-446.
- Luque. F. (2014). Propiocepción: salto lateral con una pierna, recepción de pelota y devolución. *Fútbol en positivo*.
- Mailuhu. A, Verhagen.E, Ochten. J, Bindels.P, Bierma. S, Middelkoop.M. (2015). Rentabilidad de un programa de entrenamiento neuromuscular apoyado por e-salud sin supervisión para el tratamiento de esguinces agudos de tobillo en la práctica general: diseño de un ensayo controlado aleatorio. *BMC Musculoskeletal disorders*. 16.78.
- Manosalva, C. C., Verdugo, J. M., Santis, A. D., Valenzuela, F. D., Gómez, D. M., Méndez, J. S., & Sanhueza, N. V. (2015). Efectos del entrenamiento neuromuscular sobre el balance dinámico y actividad muscular en deportistas con inestabilidad funcional de tobillo: un estudio preliminar. *CES Movimiento y Salud*, 3(1), 7-15.
- Manosalva. C. (2015). Efectos del entrenamiento neuromuscular sobre el balance dinámico y actividad muscular en deportistas con inestabilidad funcional de tobillo. *Revista CES movimiento y salud*. (nohay)
- Matsusaka. N, Yokoyama. S, Tsurusaki. T, Inokuchi. S, Okita. M. (2016). Effect of ankle disk training combined with tactile stimulation to the leg and foot on functional instability of the ankle. *AmJ Sports Med*. 25-30.
- Medina. M. (2020). Entrenamiento neuromuscular en la prevención de lesiones de tobillo en el equipo femenino del club "Independiente del Valle" en el periodo octubre 2019 a febrero del 2020. *Universidad Central del Ecuador*. 1-126.
- Mendivelso. F, Rodríguez. M. (2018). Prueba Chi-Cuadrado. *Revista Médica Sanitas*. 21(2), 92-95.
- Mercado. P, Coronado. R, García. Ma, León. R, Jaimes. R, Granados. R, Ballesteros. F, Chávez. D. (2016). Efecto del ejercicio excéntrico, isocinético e isotónico en la fuerza muscular de tobillo en pacientes con esguince. *Revista Mexicana de Medicina Física y Rehabilitación*. 110-116.

- Munn. J, Beard. D, Refshauge. K, Lee. R. (2016). Eccentric muscle strength in functional ankle instability. *Med Sci Sports Exercises*. 245-50.
- Ospina. N, Pérez. C, Vargas. JD, Cervantes. A, Rodríguez. A. (2017). Ganglios basales y conducta. *Revista Mexicana de Neurociencia*. 18(6), 74-86.
- Paré. M, Behets. C, Cornu. O. (2013). Paucity of presumptive ruffini corpuscles in the index finger pad of humans. *The journal of comparative neurology*; 456:260-266.
- Pinzón. R. (2017). Efectos de un programa de ejercicios propioceptivo sobre el equilibrio en jóvenes atletas pertenecientes a la liga Santandereana de patinaje de carreras en la ciudad de Bucaramanga.
- Ramón. S. (2008). Médula espinal y aprendizaje motor. *Universidad de Antioquía*. 1-26
- Riera. J. (2010). Fundamentos de aprendizaje de la técnica y la táctica deportivas. *5ta Edición. Barcelona. INDE*.
- Rigal, R. (2016). Educación motriz y educación psicomotriz. 17-23.
- Rivera. M, Winkelmann. K, Powden. C, Games. K. (2017). Entrenamiento propioceptivo para la prevención de esguinces de tobillo: una revisión basada en evidencia. *Revista de entrenamiento atlético*. 52(11), 1065-1067.
- Robles-Palazón, F., & de Baranda, P. S. (2017). Programas de entrenamiento neuromuscular para la prevención de lesiones en jóvenes deportistas. Revisión de la literatura. *SPORT TK-Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte*, 6(2), 115-126.
- Rodríguez. L. (2018). Movimiento humano y trastornos motores. *Universidad de la Laguna*. 1-37.
- Salazar. J. (2018). Estudio comparativo de tratamiento convencional frente a tratamiento temprano funcional en esguinces de tobillo grado II en futbolistas. *Pontificia Universidad Católica del Ecuador*. 1-52.
- Sánchez. E, Loera. C, Cobar. A, Oliva. X. (2016). Biomecánica funcional de pie y tobillo: Comprendiendo las lesiones en el deportista. *Medigraphic*. 12(1).
- Scher. S, Rand. K. (2018). Tratamiento de esguince de tobillo de un jugador profesional de béisbol. *Applied Laser Systems*.

- Seco. J. (2016). Fisioterapia en especialidades clínicas. *Editorial Médica Panamericana*.
- Sell. TC. (2011). An examination, correlation, and comparison of static and dynamic measures of postural stability in healthy athletes. *Physical Therapy in Sport*.
- Sirota. I, Ronces. A. (2018). An Atypical Presentation of Pacinian Corpuscles on Bilateral Guyon's Tunnel. *Plastic and Reconstructive Surgery Global Open*. 6(11).
- Sportlife, Train Hard. (2018). Como ejecutar un salto unipodal.
- Tarantino. F. (2020). Entrenamiento propioceptivo. Principio en el diseño de ejercicios y guías prácticas (1er edición.) *madrid: Panamericana*.
- Tironi. J. (2016). Evaluación funcional propioceptiva de miembros inferiores en deportistas. *Universidad Abierta Interamericana*. 41-44.
- Urrialde. M, Patiño. S, Bar del Olmo. A. (2016). Inestabilidad crónica de tobillo en deportistas. Prevención y actuación. *Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología*. 9(2), 57-67.
- Vásquez. O. (2017). Tratamiento fisioterapéutico en lesiones ligamentarias de tobillo y pie. *Universidad Inca Garcilaso De La Vega*. 32-34.
- Wilkerson. GB, Nitz. AJ. (2014). Dynamic ankle stability. *JSport Rehabil*. 43-57.
- Yépez. P. (2019). Análisis comparativo del gesto deportivo, en base a la biomecánica en deportistas hombres y mujeres, practicantes de la prueba de salto largo. *Universidad Central del Ecuador*.

# **ANEXOS**

**ANEXO 1, Eficacia del entrenamiento neuromuscular.**

	<b>Autores</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Diseño</b>	<b>Intervenciones</b>	<b>Caract. del estudio</b>	<b>Variables</b>	<b>Resultados</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>Total</b>
<b>1</b>	Janssen, et al. (2016).	Describir la asociación entre las variables predictoras relacionadas con la persona de los participantes y cumplimiento o acumulativo de las intervenciones para prevenir los esguinces de tobillo: entrenamiento neuromuscular, usando	Ensayo clínico aleatorizado	Fueron seleccionados 18 artículos que cumplieron con los criterios impuestos por los evaluadores los cuales fueron, criterios especificados, ocultamiento de la asignación, grupos similares de la línea base, análisis por intención a tratar, diferencia reportadas entre grupos y punto de variabilidad reportada.	Se realizó un ECA en atletas (n =384) que se habían torcido tobillo. Fueron asignados al azar a uno de los tres grupos de intervención. Participantes asignados al grupo de capacitación de NM recibió un programa de entrenamiento de NM sin supervisión de 8	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entrenamiento neuromuscular</li> <li>- Órtesis</li> <li>- DVD con ejercicios.</li> </ul>	El cumplimiento general de los refuerzos y la intervención combinada fue significativamente mayor que el cumplimiento del entrenamiento de NM. El análisis por grupo encontró que participar en un deporte de alto riesgo, como fútbol, baloncesto y voleibol, se asoció significativamente con un mayor	Los estudios futuros deben incluir al menos el registro de esguinces de tobillo previos, la participación deportiva (de alto o bajo riesgo), la experiencia en el entrenamiento de NM y las horas de exposición deportiva como posibles predictores del cumplimiento de las intervenciones para prevenir	7/11



		una tobillera, y una combinación de entrenamiento y refuerzo		semanas. Los participantes de este grupo recibieron una tabla de equilibrio, hojas de ejercicios y un DVD instructivo de los ejercicios. Los participantes asignados al grupo de solo corsé recibieron órtesis para usar durante todas las actividades deportivas para la duración de 1 año y una hoja de instruccione		cumplimiento de los arriostramientos, o un entrenamiento combinado de arriostramiento y NM.	esguinces de tobillo.	
--	--	--	--	--	--	---	-----------------------	--

					s sobre el uso de aparatos ortopédicos. Un tercio El grupo combinado recibió tanto el programa de capacitación de NM como un soporte deportivo para usar durante todas las actividades deportivas durante la duración de ocho 8 semanas.				
2	Van Reijen, et al. (2017).	Verificar la efectividad del ENM en la incidencia de lesiones	Ensayo clínico aleatorizado	(n=220) los atletas fueron divididos en dos grupos al azar.	Se escogieron atletas entre 18 y 70 años Para ser	- Aplicación móvil con ejercicios de ENM	Las incidencias recurrentes de esguinces de tobillo fueron	Este estudio mostró que el método de implementación de un	8/11

		recurrentes de esguinces de tobillo		(n=110) se les ofreció la aplicación “Fortalecer su tobillo” y el otro grupo (n=110) recibieron un folleto impreso	incluidos en el estudio, los atletas debían tener esguince de tobillo. Cuando los encuestados habían sufrido una lesión diferente en el mismo tobillo el año anterior (por ejemplo, fractura del tobillo) considerado no elegible.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Folleto con ejercicios de ENM</li> <li>- Dolor</li> <li>- Discapacidad</li> </ul>	significativamente diferentes entre ambos grupos (HR 1,06; IC 95% 0,76-1,49).	programa ENM mediante el uso de una aplicación o un folleto dio lugar a una reducción en las tasas de incidencia de lesiones a largo plazo, sin embargo no mostró mejoría en el equilibrio y la estabilidad articular de los atletas.	
3	Mohammadi, et al. (2020).	Comprobar la efectividad del Wii Fit Plus sobre la capacidad funcional de atletas con inestabilidad	Ensayo clínico aleatorizado	Fueron asignados 50 atletas jugadores de baloncesto, se dividieron en dos grupos al azar. El primer grupo (n=25) realizó	Los jugadores de baloncesto fueron considerados en el estudio con y sin inestabilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equilibrio.</li> <li>- Ejercicios de fortalecimiento</li> <li>- Salto lateral</li> <li>- Salto único</li> <li>- Salto en forma de</li> </ul>	Las diferencias significativas fueron observadas en el salto en forma de 8 y salto lateral antes y después del	La plataforma Wii como realidad virtual, los ejercicios crearon más interés y disposición para realizar ejercicios en	8/11

		funcional del tobillo.		<p>juegos de Wii Fit Plus incluyendo entrenamiento de equilibrio y ejercicios de fortalecimiento tres días a la semana durante cuatro semanas. El grupo de control (n=25) no recibió entrenamiento.</p>	<p>funcional unilateral de tobillo.</p> <p>Antes y después de entrenamiento, la capacidad funcional de los individuos se evaluó mediante pruebas de rendimiento funcional, incluido el salto en forma de 8, salto lateral y salto único.</p>		<p>entrenamiento (<math>p &lt; 0,001</math>). La prueba de salto lateral mostró diferencias significativas tanto antes como después del entrenamiento. En comparación con el salto en forma de 8 y en las pruebas de salto lateral, no se observaron diferencias significativas en cuanto a la fuerza y la -- ++funcionalidad antes y después del entrenamiento. En el salto único, la prueba no mostró</p>	<p>sujetos afectados y, en última instancia, podría recomendarse como entrenamiento conveniente.</p>	
--	--	------------------------	--	---	--	--	---	--	--

							ninguna diferencia significativa en ambos grupos ( $p > 0.05$ ).		
4	Foss, et al. (2018).	Determinar los efectos de un programa de entrenamiento neuromuscular (ENM) sobre lesiones relacionadas con el deporte en la escuela secundaria, e intermedia, centrándose especialmente en las lesiones de rodilla y tobillo	Ensayo clínico aleatorizado	La intervención CORE consistió en ejercicios enfocados en el tronco y extremidad inferior, mientras que la El protocolo SHAM consistió en correr resistido usando elásticos bandas. Cada intervención se implementó al inicio de la temporada y continuó hasta la última competición. Un entrenador evaluó a los atletas	Un total de 474 niñas (222 escuela intermedia, 252 escuela secundaria, de edad entre los 14 y 17 años, se agruparon aleatoriamente en dos grupos. El primer grupo (n=259) para el programa de intervención CORE y el segundo grupo (n=215) para el	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Programa de intervención CORE</li> <li>- Intervención SHAM</li> </ul>	El grupo CORE informó 107 lesiones y el grupo SHAM informó 134 lesiones ( $p < 0,001$ ). La intervención CORE pareció tener un mayor efecto protector, pero sin una disminución en el nivel del dolor sobre las lesiones de tobillo en el nivel de la escuela intermedia que la intervención SHAM	El programa de intervención ENM resultó en una reducción de la incidencia de lesiones en relación con la participación en una intervención SHAM. Este beneficio protector de ENM fue demostrado en los niveles de secundaria y preparatoria.	9/11

				semanalmente por lesiones relacionadas con el deporte.	programa de intervención SHAM.		No se observó diferencias entre los grupos para las lesiones de tobillo.		
5	Mailuhu, et al. (2015).	Examinar la efectividad de un programa de entrenamiento neuromuscular en pacientes con esguinces de tobillo.	Ensayo clínico aleatorizado	Fueron reclutados 169 atletas de entre 14 a 65 años, ubicados en el suroeste de los Países Bajos. Se excluyeron a los participantes que hayan tenido una fractura de tobillo	Los sujetos asignados al grupo de control recibieron el folleto con ejercicios propioceptivos, acompañados del método RICE. Y los sujetos del grupo de intervención recibieron un programa de entrenamiento neuromuscular estandarizado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Folleto de ejercicios</li> <li>- RICE</li> </ul>	Los resultados del estudio mostraron una respuesta significativa a la mejoría de fuerza, equilibrio, estabilidad, dolor y funcionalidad, así mismo se evidencio una disminución de sufrir una recidiva, para determinar esto se valoró a los atletas después de 8 semanas	El programa de entrenamiento neuromuscular ha demostrado ser efectivo para los atletas, los autores mencionan que podría ser una herramienta de tratamiento directo para los esguinces de tobillo en la práctica general. Los resultados de este estudio pueden	9/11

					do. La duración total del programa fue de 8 semanas.			conducir a cambios en las guías de práctica para los fisioterapeutas , y además ser una guía de prevención de lesiones.	
--	--	--	--	--	--	--	--	---	--

