



FACULTAD MOTRICIDAD HUMANA Y DEPORTES

LICENCIATURA EN EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTE

TRABAJO FINAL

*PROYECTO DE INTERVENCIÓN, EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL TENDÓN DE
ALQUILES PARA PREVENCIÓN DE ESGUINCES DE TOBILLO EN JUGADORES DE
FÚTBOL.*

Mariano Lucas Moraca

Año 2021

Sede CENTRO

ÍNDICE

1. Resumen
2. Diseño del proyecto de Intervención
 - 2.1. Denominación del proyecto
 - 2.2. Naturaleza del proyecto
 - 2.2.1. Descripción
 - 2.2.2. Justificación
 - 2.2.3. Marco Institucional
 - 2.2.4. Objetivo General y específicos
3. Componentes o resultados
4. Marco Teórico
 - 4.1. Anatomía del tobillo
 - 4.1.1. Osteología - Osteología del pie y tobillo
 - 4.2. Miología del pie y tobillo
 - 4.2.1. Tendón de Aquiles
 - 4.2.1.1. Estructura del Tendón de Aquiles
 - 4.3. Biomecánica
 - 4.3.1. Cinesiología del pie y tobillo
 - 4.4. Esguince de tobillo
 - 4.4.1. Concepto y clasificación
 - 4.4.1.1. Mecanismo de lesión
 - 4.4.1.2. Factores de riesgo
 - 4.4.1.3. Tratamiento
 - 4.4.1.4. ROM normal de la flexión dorsal y flexión plantar del tobillo.
 - 4.5. Esguince de tobillo en el Fútbol.
 - 4.5.1. DFROM de tobillo limitado y sus consecuencias en el fútbol
 - 4.6. Inestabilidad funcional de tobillo e inestabilidad crónica de tobillo
 - 4.6.1. Sistema somatosensorial
 - 4.6.1.1. Mecanorreceptores
 - 4.6.1.2. Propiocepción
 - 4.6.1.2.1. Propiocepción de tobillo
5. Acciones a realizar
 - 5.1. Batería de Ejercicios

6. Determinación de cronogramas
7. Determinación de recursos necesarios
 - 7.1. Recursos humanos
 - 7.2. Recursos Materiales
8. Factores externos condicionantes para el logro de los resultados
9. Evaluación del proyecto
 - 9.1. Método de medición
 - 9.2. Relevamiento de trabajo de campo
10. Bibliografía
11. Anexo

1. RESUMEN

En el presente trabajo se desarrollará la problemática de la lesión del esguince de tobillo en el futbolista profesional, tratando de manera especial el entrenamiento del tendón de Aquiles conjuntamente con la prevención en la estabilidad dinámica de la articulación. Como inicio, el trabajo se presentará una descripción anatómico-funcional de la articulación tibiotarsiana para luego observar la problemática de la lesión en el futbolista y desde el aspecto deportivo-preventivo-saludable. El esguince de tobillo es una de las lesiones más frecuente dentro de la competencia del fútbol, y si bien la fricción propia del deporte y los cambios de ritmo y de dirección traen aparejado un riesgo de lesión en esta articulación, la idea del presente trabajo es presentar un proyecto de intervención focalizado hacia un entrenamiento de calidad que podría ser de gran utilidad tanto en su aproximación al deporte, como durante el desarrollo del mismo para, de este modo, preservar la salud del deportista y la mejora en el rendimiento deportivo.

Palabras clave: *Esguince – Fútbol – Tobillo – Tendón de Aquiles - Prevención – Entrenamiento*

2. DISEÑO DE PROYECTO DE INTERVENCIÓN

2.1. DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: *Programa de evaluación y entrenamiento basado en la prevención de esguinces de tobillo focalizado en el tendón de Aquiles.*

2.2. NATURALEZA DEL PROYECTO:

2.2.1. DESCRIPCIÓN:

El fútbol es uno de los deportes con más altas tasas lesionales, estas lesiones ocurren por mecanismos tanto de contacto como de no contacto.

Investigaciones en el fútbol de alto nivel que se realizaron en los Juegos Olímpicos de 2004, en la que las lesiones de pie y tobillo se encontraron en el fútbol proporcionalmente más que cualquier otro deporte de equipo ¹ y durante la Copa Mundial de la FIFA 2010, en la que los esguinces de tobillo fueron uno de los diagnósticos más frecuentes y de ellos, aproximadamente el 50% impidió la participación en los entrenamientos o competición.²

Será oportuno y necesario realizar evaluaciones y propuestas de entrenamiento que traten de mejorar la calidad de movimiento de los jugadores considerando programas de ejercicios que consigan avances de calidad.

El diseño del proyecto de intervención tendrá como objetivo principal la mejora del rango óptimo de movimiento de la dorsiflexión de tobillo y de la funcionalidad que esta mejora representa.

Se orientará al mundo del fútbol profesional y sus destinatarios serán futbolistas masculinos con una disfunción que le cause la limitación del rango de movilidad del complejo pie-tobillo y que esta causa permita ser mejorada mediante un programa dirigido al incremento de la movilidad. Antes de realizar el programa de ejercicios, se

llevará a cabo una evaluación previa de la dorsiflexión de tobillo y el tendón de Aquiles.

2.2.2. JUSTIFICACIÓN:

Lo principal para la práctica deportiva, es asegurar una buena estructura del complejo ligamentario lateral del tobillo y tendón de Aquiles, para que la parte funcional se vea lo menor afectada posible y después, aportar una buena base de movimiento sobre la que cimentar las habilidades específicas del fútbol.

De esta forma, tener el rango de movimiento óptimo en las articulaciones más importantes para el fútbol, como es el tobillo complementado con el tendón de Aquiles, que es de vital importancia para la buena y saludable práctica deportiva y, en consecuencia, un mayor rendimiento para este tipo de entrenamiento.

Los futbolistas debido a su actividad, golpes con los pies, los calzados de fútbol, terrenos de juego y la exposición a un alto número de impactos, suelen padecer un rango de movimiento de dorsiflexión de tobillo reducido que los puede llevar a sufrir lesiones no sólo en los tobillos, sino también en otras articulaciones como rodilla y cadera principalmente. Esta limitación es un factor de riesgo para numerosas lesiones que día a día se ven en un campo de fútbol. Este proyecto no tendrá en cuenta todas las lesiones que puede causar esta disfunción, solamente apuntará a mejorar el rango de movilidad del talón de Aquiles para prevenir esguinces de tobillo.

La incidencia de lesiones de tobillo en la competición de fútbol profesional se estima entre 3 y 9 lesiones en los jugadores durante los campeonatos. Los jugadores más jóvenes y los jugadores con inestabilidad de tobillo están en mayor riesgo de lesión de tobillo.⁹² Por ello es necesario atender la frecuencia de estas lesiones para lograr un rendimiento deportivo de calidad.

El estudio plantea ayudar a entrenadores, preparadores físicos a prevenir un factor de riesgo tan común como es la movilidad reducida de tobillo en el plano sagital dentro de un contexto futbolístico.

2.2.3. MARCO INSTITUCIONAL

El Club Deportivo UAI Urquiza, simplificado como UAI Urquiza, es una institución polideportiva de Villa Lynch, provincia de Buenos Aires, Argentina.

La historia de la institución describe que fue fundado el 21 de mayo de 1950 como Club Deportivo Social y Cultural Ferrocarril Urquiza y el Club Deportivo UAI.

Esta fusión fue el puntapié inicial de un proyecto que ya lleva nueve años de éxito, y que su piedra fundamental se apoyó en la concepción del deportista educado. Por medio de convenios con la Universidad Abierta Interamericana, todos los deportistas federados del club tienen la posibilidad de estudiar en esta institución. La finalidad es cubrir las falencias de la carrera deportiva de los atletas de alto rendimiento, dándoles una formación universitaria que los integre social y culturalmente durante y una vez finalizada su carrera deportiva.

UAI Urquiza es un club deportivo con más de 10 disciplinas. Fútbol, fútbol juvenil e infantil, fútbol femenino, futsal, básquet, vóley, rugby, handball femenino y masculino, hockey femenino y gimnasia deportiva. Todas las disciplinas son federadas y cuentan con más de 700 deportistas.

El Club cuenta con 6 centros de entrenamiento: Estadio Monumental de Villa Lynch, los gimnasios de Humberto Primo y Alberdi, Rancho Taxco, el Complejo Deportivo del Oeste y el Predio Deportivo de Morón.

La preponderancia en la atención de los esguinces de tobillo de los jugadores de fútbol de las divisiones con las que cuenta el club, se la considera de suma importancia a los efectos de realizar una mirada preventiva, teniendo en cuenta en los entrenamientos la incorporación de una batería de ejercicios para fortalecer la estructura del complejo pie-tobillo principalmente el tendón de Aquiles.

El programa de evaluación y entrenamiento que describe este proyecto de intervención se contextualiza dentro de las instalaciones de este club deportivo, particularmente con los planteles de fútbol masculino de primera división y cuarta

división juveniles.

2.2.4. Objetivo General:

- Aumentar y mejorar el rango óptimo de movimiento de la dorsiflexión de tobillo y de la funcionalidad que esta mejora representa.
- Implementar proyectos, programas y entrenamiento para la prevención de lesiones.

Objetivos Específicos:

- Restablecer el ROM reducido de la DF de tobillo de futbolistas para que pueda ser mejorado a través de la realización de una batería de ejercicios.
- Evaluar los logros obtenidos a partir de las prácticas de intervención realizadas mediante el diseño de un programa de entrenamiento.

3. COMPONENTES O RESULTADOS

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Anatomía del tobillo

4.1.1. Osteología

Osteología del pie y tobillo

La articulación del tobillo es el nombre común que recibe la **articulación tibioperoneastragalina (TPA)**, comprendida por la tibia, el peroné y el astrágalo, que es el lugar de unión entre la pierna y el pie.¹ El movimiento de esta articulación se encuentra en el plano sagital y por lo tanto son de extensión y flexión, más comúnmente conocidos por flexión dorsal o dorsiflexión (DF), que es la aproximación del dorso del pie a la cara anterior de la tibia, y por flexión plantar o plantarflexión (PF), el alejamiento del dorso del pie de la cara anterior de la tibia.¹ Además es muy importante la asociación entre el tobillo y la **articulación subtalar o subastragalina (ASA)**, formada por el calcáneo y el astrágalo, ya que una no puede funcionar independientemente de la otra, pero tradicionalmente solo la primera recibe el nombre de articulación del tobillo, para evitar confusiones esto no se modificó, a pesar de ser correcto.²

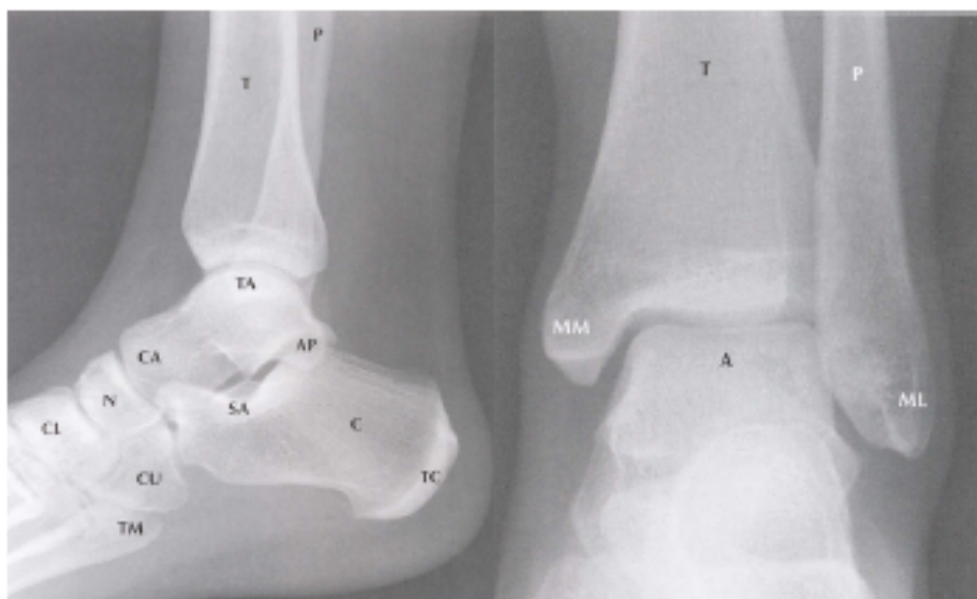


Figura 1: Radiografía del tobillo. Vista lateral y frontal ³

En los movimientos extremos no solo interviene la TPA sino que se añade la amplitud propia de las articulaciones del tarso, por lo que también deberían de tenerse en cuenta en un plano funcional los movimientos y momentos que se producen en el pie ya que podrían condicionar la DF. A la hora de evaluar y testear el rango de movimiento de la dorsiflexión (DFROM), se deben despreciar ya que producen movimientos en otros planos.¹

En el pie se diferencian 26 huesos entre tarso, metatarso y falanges, y funcionalmente se suele dividir en 3:

- Retropié: astrágalo y calcáneo.
- Mediopié: escafoides o navicular, cuboides y cuñas (3).
- Antepié: metas (5) y falanges (14).

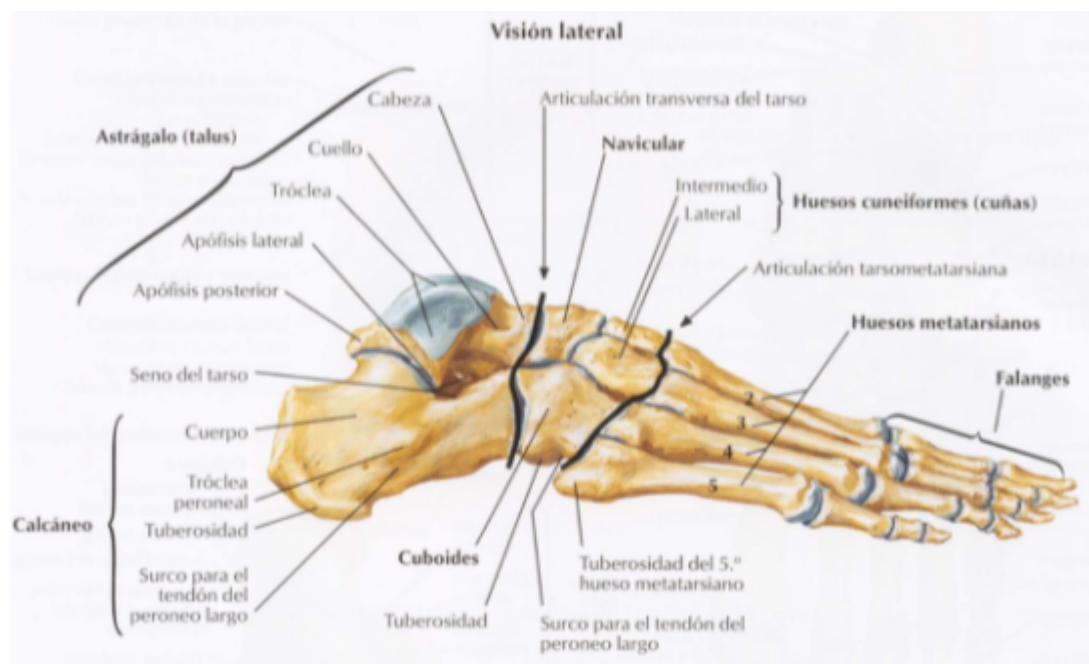
El retropié y mediopié forman parte del tarso, mientras que el antepié forma el metatarso y las falanges. Todos estos huesos forman entre sí las articulaciones del pie, que son las siguientes ¹:

a) Articulación subastragalina (ASA): formada por el astrágalo y calcáneo. Articulación muy estable. Posee un apoyo ligamentario compuesto por el ligamento lateral externo (LLE), ligamento lateral interno (LLI), ligamento astragalocalcaneo interóseo y ligamento astragalocalcaneo posterior y lateral. Realizan el movimiento de eversión e inversión.

b) Articulación mediotarsiana o Chopart: formada por el astrágalo y navicular y el calcáneo y cuboides. Articulación con cápsula propia y muy reforzada por varios ligamentos; también aportan importante apoyo los músculos extrínsecos que discurren medial y lateralmente y los músculos intrínsecos que pasan por debajo. Realizan movimientos de aducción (add) y abducción (abd).

c) Articulación tarsiana o Lisfranc: formada por cuboides, las 3 cuñas y los metatarsianos.

d) Articulaciones metatarsofalángicas: importancia de la articulación del 1º radio (dedo hallux).



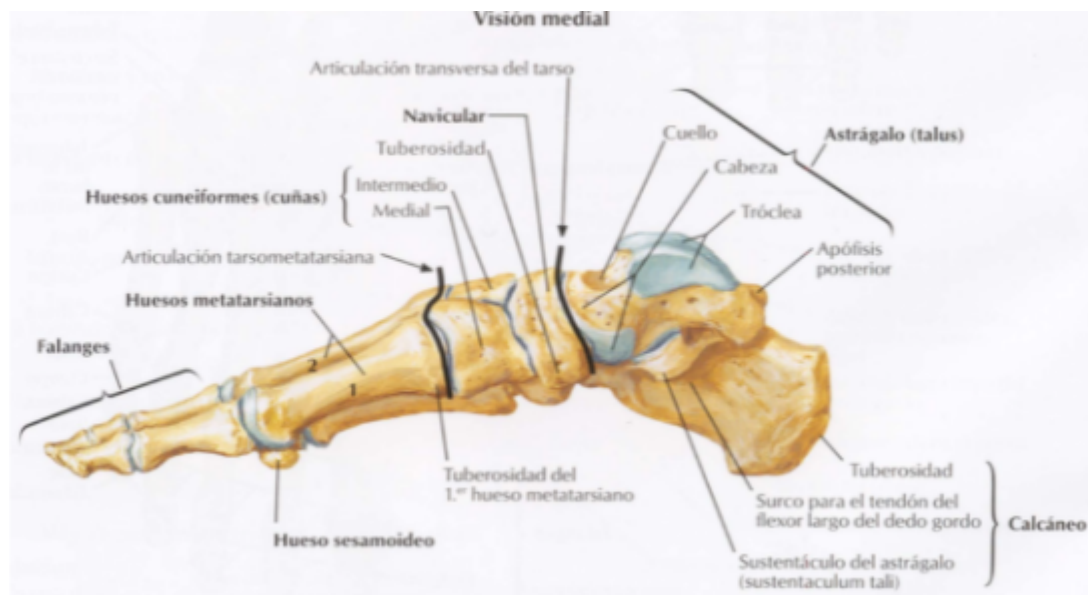


Figura 2: Huesos del pie. Vista lateral y medial ³

Un detalle a tener en cuenta es que el astrágalo al no poseer ninguna inserción muscular está “enjaulado” por todos los músculos que proceden de la pierna y pasan alrededor de él formando un puente.¹ Por eso la buena artrocinemática de este hueso y el buen funcionamiento de los músculos que limitan o ayudan en su movimiento (lo veremos más adelante) son muy importantes para que el astrágalo no limite la DF ni la PF. En la evaluación y valoración de la DF de los sujetos observaremos los movimientos de la articulación TPA, que es donde ocurren los movimientos de DF y PF.

4.2. Miología del pie y tobillo

La musculatura implicada en los movimientos del tobillo y del pie se encuentra tanto dentro como fuera del pie, así podemos distinguir entre musculatura intrínseca y extrínseca, respectivamente. Principalmente, los músculos dorsiflexores son el tibial anterior (TA), peroneo anterior (PA), extensor largo común y extensor largo del dedo gordo,^{1,2,4} todos extrínsecos, pero los intrínsecos también participan en este movimiento ya que, como vimos anteriormente, todas las articulaciones del pie producen cambios en la articulación del tobillo,¹ por lo que un buen funcionamiento de estos, estabilizando el pie, nos ayudarán a realizar una buena DF. Además, un tono muscular adecuado de los músculos plantarflexores permitirá su estiramiento óptimo, sin que haya acortamientos y pudiendo ganar más rango de movimiento.⁴ En las siguientes tablas se puede observar un

resumen de la musculatura protagonista en el movimiento de la dorsiflexión del tobillo, tanto agonistas (dorsiflexores) como antagonistas (plantarflexores):

Tabla 1: Músculos PF del tobillo. Basado en Tórtora.⁵

Músculo	Origen	Inserción	Inervación	Acción
Gastrocnemio	Porción interna: porciones proximales y posterior del cóndilo interno y porción adyacente del fémur y cápsula articular rodilla Porción externa: cóndilo externo y superficie posterior del fémur y cápsula articular rodilla	Parte media de la superficie posterior del calcáneo mediante tendón de Aquiles	Tibial (S1, S2)	PF y flexión de rodilla
Soleo	Superficies posteriores de la cabeza del peroné y tercio proximal, línea del sóleo y tercio medio del borde interno de la tibia y arco tendinoso entre la tibia y peroné	Junto con el tendón de los gemelos, en la superficie posterior del calcáneo	Tibial (L5, S1, S2)	PF
Tibial posterior	La mayor parte de la membrana interósea, la porción externa de la superficie posterior de la tibia, dos tercios proximales de la superficie interna del peroné, tabiques	Tuberosidad del escafoides y, por medio de expansiones fibrosas, apófisis menor del calcáneo, las tres cuñas, cuboides y bases del segundo, tercero y cuarto metatarsianos	Tibial (L4,L5,S1)	Inversión y participa en la PF del tobillo

	intermusculares adyacentes y fascia profunda			
Flexor largo del primer dedo	Superficie posterior de 2/3 dislates peroné, membrana interósea y fascia y tabiques intermusculares adyacentes	Superficie plantar de la base de la falange distal dedo gordo	Tibial (L5, S1, S2)	Flexion interfalángica (IF) proximal dedo gordo y ayuda en la flexión de MTT, la PF e inversión del pie
Flexor largo de los dedos	Tres quintos medios de la superficie posterior de la tibia y la fascia	Bases de las falanges dislates del 2° al 5° dedo	Tibial (L5, S1, S2)	Flexion IF proximal y MTT de los dedos del 2° al 5°. Ayuda en la PF e inversión del pie
Peroneo lateral largo	Meseta externa de la tibia, cabeza y dos tercios proximales de la superficie externa del peroné, tabiques intermusculares y fascia profunda adyacente	Borde externo de la base del primer metatarso (MTT) y de la cuña interna	Peroneo superficial (L4, L5, S1)	Eversión del antepie, ayuda PF y deprime la cabeza del 1°MTT
Peroneo lateral corto	dos tercios distales de la superficie externa del peroné y tabiques intermusculares adyacentes	Tuberosidad de la base del 5° MTT, borde externo	Peroneo superficial (L4, L5, S1)	Eversión del pie y ayuda PF

Tabla 2: Músculos DF del tobillo. Basado en Tórtora.⁵

Músculo	Origen	Inserción	Inervación	Acción
Tibial anterior	Meseta externa y mitad proximal de la superficie externa de la tibia, membrana	Superficie interna y plantar de la cuña interna y base del primer metatarsiano	Peroneo profundo (L4,L5,S1)	DF y participa en la inversión del pie

	interósea, fascia profunda y tabique intermuscular externo			
Extensor largo del primer dedo	Dos cuartos medios de la superficie anterior del peroné y membrana interósea adyacente	Base de la falange distal del dedo gordo	Peroneo (L4, L5, S1)	Extensión MTT e IF dedo gordo. Interviene DF e inversión del pie
Extensor largo común	Meseta externa de la tibia, 3/4 proximales de la superficie anterior del cuerpo del peroné, porción proximal de la membrana interósea, tabiques intermusculares adyacentes y fascia profunda	Mediante 4 tendones del 2° al 5° dedo en la base de la falange media mediante una lengüeta y en la falange distal mediante dos lengüetas en los laterales	Peroneo (L4, L5, S1)	Extensión MTT y ayuda extensión IF del 2°-5° dedo. Interviene DF y eversión del pie
Peroneo anterior	1/3 distal superficie anterior peroné, membrana interósea y tabique intermuscular adyacente	Superficie dorsal de la base del 5° MTT	Peroneo profundo (L4, L5, S1)	DF y eversión del pie

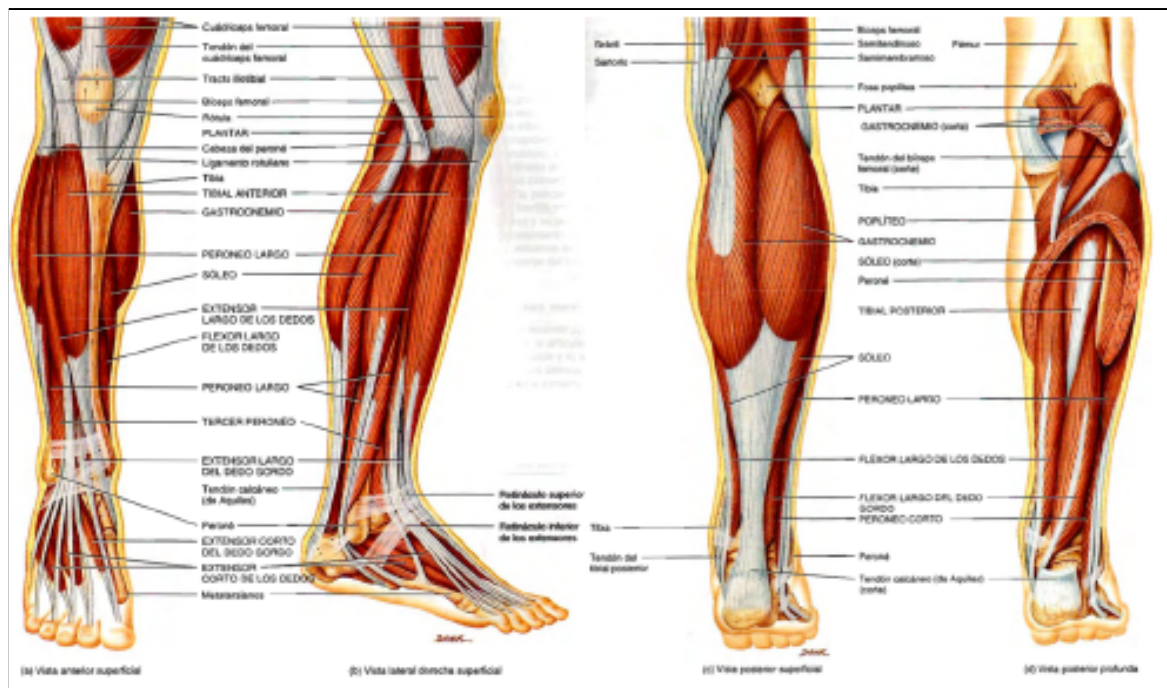


Figura 3: Musculatura implicada en la DF y PF ⁵

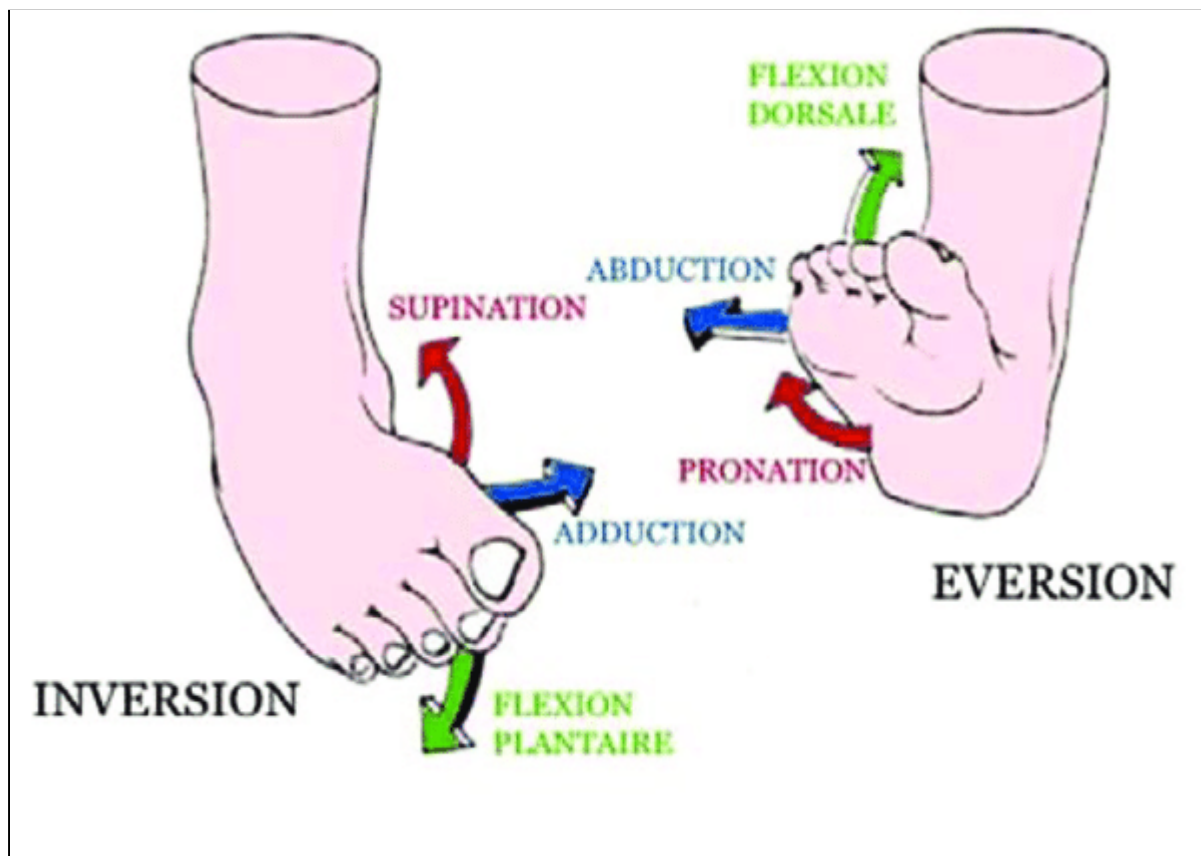
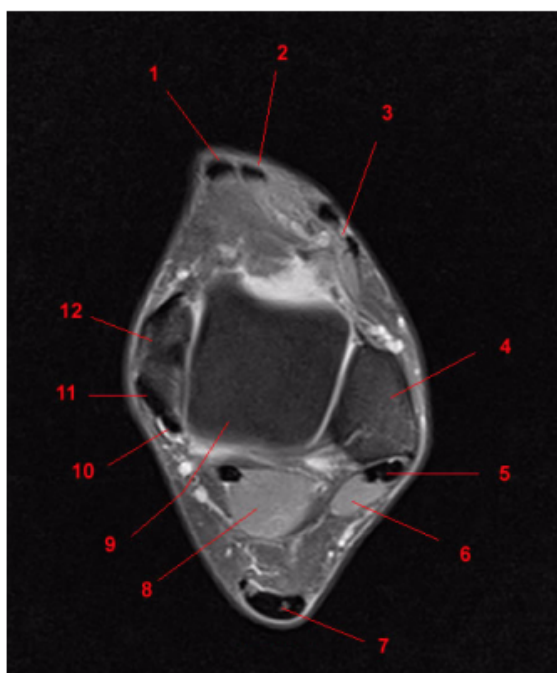


Figura 4: Movimientos de Eversión e Inversión



1. Tendón del tibial anterior.
2. Tendón del extensor largo del 1er dedo. 3. Tendón del extensor largo de los dedos. 4. Peroné (maléolo peroneo).
5. Tendón del peroneo largo.
6. Músculo peroneo corto.
7. Tendón de Aquiles.
8. Músculo flexor largo del 1er dedo.
9. Astrágalo.
10. Tendón del flexor largo de los dedos. 11. Tendón del tibial posterior.
12. Tibia (maléolo tibial)

Figura 5: Resonancia Magnética de tobillo (corte axial)

4.2.1. El *Tendón de Aquiles* mide aproximadamente 15 cm de largo y comienza en la unión músculo-tendinosa del gastrocnemio y el sóleo en la mitad de la pantorrilla. El tendón se aplana en su unión con el gastrocnemio para redondear hasta aproximadamente 4 cm desde su inserción. En este nivel, se aplana, luego se expande y se vuelve cartilaginoso, para insertarse en un área rugosa en el medio de la parte inferior de la superficie posterior del calcáneo. En su superficie anterior, recibe las fibras musculares del sóleo casi hasta su inserción (Figura 5) ^[33,34,54]

El sóleo y el gastrocnemio varían en su orientación, contribución al tendón de Aquiles y la extensión de su fusión ^[33,35]. En el 52% de los sujetos, el sóleo contribuyó con el 52% al tendón de Aquiles y el gastrocnemio contribuyó con el 48%. Las fibras del sóleo formaron la porción anterior y medial del tendón. En el 35% de los sujetos, los músculos gastrocnemio y sóleo contribuyeron con el 50% cada uno. En el 13% de los sujetos, el gastrocnemio formó dos tercios del tendón. La porción tendinosa del sóleo varía de 3 cm a 11 cm, y la porción de gastrocnemio varía de 11 cm a 16 cm. (Figura 6) ^[33,54]. Las fibras del tendón forman una espiral de modo que las fibras que se originan en el lado tibial de la masa muscular pasan oblicuamente desde el aspecto profundo al superficial, a través de la superficie

superficial del tendón, hacia el lado lateral. Las fibras del lado del peroné pasan del lado profundo del tendón al lado tibial de la inserción del tendón ^[33,36]. A medida que desciende el tendón de Aquiles, gira 90°, y el componente gastrocnemio se encuentra principalmente en la parte lateral y posterior del tendón. Algunos individuos exhiben una doble espiral: la cabeza lateral corre desde el lado dorsal, luego viene ventral y finalmente gira hacia la cara dorsal. La rotación comienza por encima de la región donde el sóleo tiende a unirse al componente gastrocnemio y el grado de rotación es mayor si hay una fusión mínima.

La torsión produce un área de tensión dentro del tendón, que es más marcada de 2 a 5 cm por encima de su inserción calcánea, ^[33,37,38] es un área de mala vascularización y es un sitio común de tendinopatía y ruptura (Figura 6) ^[33,39].

La inserción se vuelve ancha distalmente y tiene un tipo de inserción deltoidea ancha, que varía de 1,2 cm a 2,5 cm. ^[33,40] La superficie profunda de la porción inferior del tendón por encima de su unión al calcáneo tiene un área de fibrocartilago



Figura 6: Tendón de Aquiles derecho, cabeza medial más larga.



Figura 7: Vista medial de la inserción de Aquiles derecha.

entre el tendón y la parte superior del calcáneo, donde hay un área similar de fibrocartílago [33,36,37].

Profunda y próxima a la inserción se encuentra la bursa retrocalcánea, que se encuentra entre la tuberosidad en la superficie posterior del calcáneo y el tendón de Aquiles. La bolsa que está presente al nacer es un saco en forma de cuña de paredes gruesas. Tiene forma de herradura en sección transversal; los brazos se extienden distalmente en los bordes medial y lateral del tendón, con una longitud promedio de 22 mm, una anchura de 4 mm y una profundidad de 8 mm [33,41]. El área de fibrocartílago en el tendón forma la pared posterior. La pared anterior de la bursa retrocalcánea es la capa cartilaginosa de 0,5 mm a 1 mm de espesor en la cara posterior del calcáneo. La pared proximal del saco revestido sinovial consta de pliegues, o proyecciones sinoviales de las vellosidades que permiten alteraciones en su forma, que se producen por diversos grados de presión sobre la grasa por encima de ella durante la flexión y extensión del tobillo [33,92,93].

El área entre el tendón de Aquiles, la tibia posterior y la parte superior de la superficie posterior del calcáneo se conoce como triángulo de Karger y separa el tendón de Aquiles

de los flexores profundos. El flexor largo del dedo gordo se encuentra debajo del tabique fascial y la tibia. Los vasos sanguíneos se encuentran en el triángulo de Karger e irrigan el tendón de Aquiles ^{33,36,41}.

Algunas de las fibras de colágeno en la inserción del tendón forman fibras de Sharpey. El endotendon se vuelve continuo con el periostio. No hay periostio en la inserción. ^{33,43,44}, pero algunas de las fibras superficiales se vuelven continuas con el tejido fibroso del calcáneo y pasan desde el borde inferior del calcáneo para unirse a la fascia plantar ^{33,36,42}. La cantidad de fibras que conectan el tendón de Aquiles con la fascia plantar disminuye con la edad.

La tuberosidad superior del calcáneo puede ser hipercóncava, normal o hipoconvexa. ^{33,41}. La deformidad ósea de Haglund es una prominencia anormal en la cara lateral posterosuperior del calcáneo. ^{33,41}. Una bolsa subcutánea superficial se encuentra entre la piel y el tendón de Aquiles y se desarrolla después de una irritación crónica y compresión externa de los zapatos.

Aunque no existe una verdadera vaina sinovial alrededor del tendón de Aquiles, está rodeada por un paratendon, una fina membrana deslizante de tejido areolar laxo que es rico en mucopolisacáridos, continua proximalmente con la envoltura fascial del músculo y se mezcla distalmente con el periostio del calcáneo ^{33,55}. La capa más externa está compuesta de tejido areolar graso suelto, un tejido fibrilar suelto

que funciona como un tejido elástico y permite un amplio rango de movimiento ^{33,45}. Su función mecánica es permitir que el tendón se deslice libremente contra el tejido circundante. El tejido conectivo que rodea las fibrillas, los fascículos y todo el músculo consiste principalmente en colágeno tipo I con un componente menor que consiste en colágeno tipo III. El colágeno tipo IV se encuentra en la membrana basal, al igual que las trazas de colágeno tipo V. Los nervios y los vasos sanguíneos atraviesan el paratendon. Se puede encontrar líquido entre el paratendon y el epitendon y evita la fricción. (Figura 6)

^{33,46}

4.2.1.1. Estructura del tendón de Aquiles

Los tendones aparecen blancos porque en su mayoría son avasculares. Un tendón es un compuesto más o menos uniaxial que se compone principalmente de

colágeno tipo I en una matriz extracelular que se compone de mucopolisacárido y un gel de proteoglicano.^{33,47}

Constan de 30% de colágeno y 2% de elastina incrustados en una matriz extracelular que contiene 68% de agua y tendocitos.^{33,91,48} La elastina contribuye a la flexibilidad del tendón.

La proteína de colágeno, tropocolágeno, forma del 65% al 80% de la masa de los tendones de peso seco. El tendón de Aquiles consta de haces típicos paralelos de colágeno tipo I (tropocolágeno). El tamaño medio de las fibras de colágeno del tendón de Aquiles es de 60 micro metro (nm). Las fibrillas de colágeno en el tendón de Aquiles varían de 30 nm a 130 nm de diámetro, aunque la mayoría tienen entre 50 nm y 90 nm de diámetro. Formas de colágeno

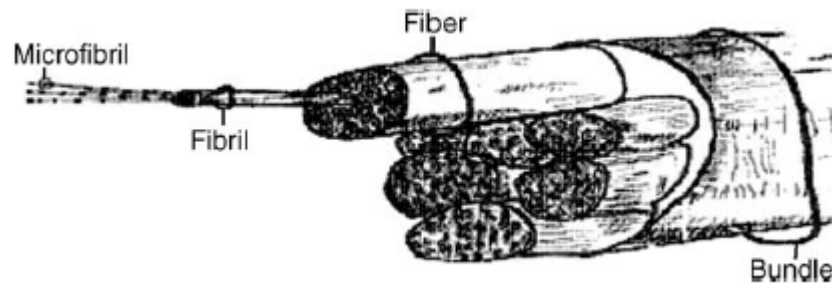


Figura 8: El epitendon es una fina vaina de tejido conectivo, es continuo en toda su superficie interna con el endotendon y rodea todo el tendón.

microfibrillas, fibrillas y fibras. Un grupo de fibras constituye un fascículo. Los fascículos se unen para formar haces y están rodeados por el endotendon. El endotendon es una malla de tejido conectivo suelto rico en elastina que mantiene unidos los haces y permite cierto movimiento de los haces entre sí. Transporta vasos sanguíneos, linfáticos y nervios. Los fascículos son la estructura de colágeno más pequeña que se puede probar biomecánicamente.^{33,49} Los fascículos se pueden demostrar mediante ecografía y resonancia magnética.^{33,50} Una fina vaina de tejido conectivo, el epitendon, es continua en toda su superficie interna con el endotendon y rodea todo el tendón (Figura 8).³³

4.3. Biomecánica

4.3.1. Cinesiología del pie y tobillo

La forma de desplazamiento humana más importante es la marcha, por eso el estudio de esta es necesario para poder prevenir lesiones y mejorar la salud y rendimiento de las personas. La marcha tiene 8 fases distintas: contacto inicial (CI), respuesta a la carga (RC), apoyo medio (APM), apoyo final (APF), pre-oscilación (POS), oscilación inicial (OSI), oscilación media (OSM) y oscilación final (OSF). En todas estas fases se necesitan diferentes rangos de DF y PF que van desde los 10° de DF en el APF hasta los 20° de PF en el inicio de la fase de OSI. ²

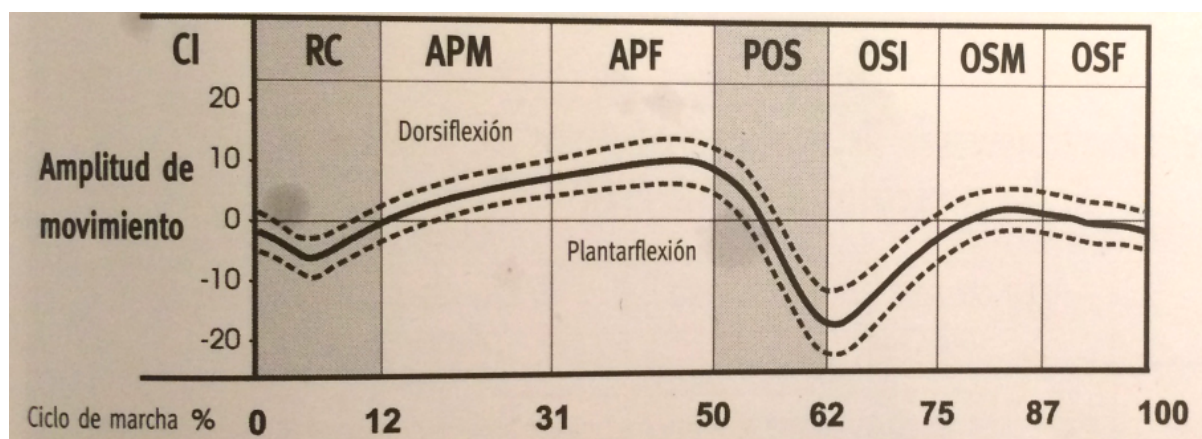


Tabla 3. Movimiento del tobillo: amplitud normal durante una zancada ²

Durante los momentos dorsiflexores, el trabajo del TA, extensor largo de los dedos, extensor largo del dedo gordo y PA son los protagonistas de la flexión dorsal del tobillo ². Si lo miramos de manera global podemos apreciar que toda la musculatura trabaja conjuntamente formando cadenas musculares, por ejemplo en la fase de respuesta a la carga en la marcha, se combina la acción muscular excéntrica (controladora) de los extensores de cadera (glúteos) y rodilla (cuádriceps) con la acción de los dorsiflexores de tobillo,² por lo que si una de todas estas falla, el resto se verá afectada pudiendo tener como consecuencia la reducción de la DF, entre otras, por ejemplo al presentar una sobreactivación de los músculos plantarflexores que no permiten la relajación de estos y limitan funcionalmente la DF. Aunque también se puede llegar a la conclusión de que la DF limitada es la causa de esta

limitación funcional, siguiendo la idea de que la estructura hace a la función.

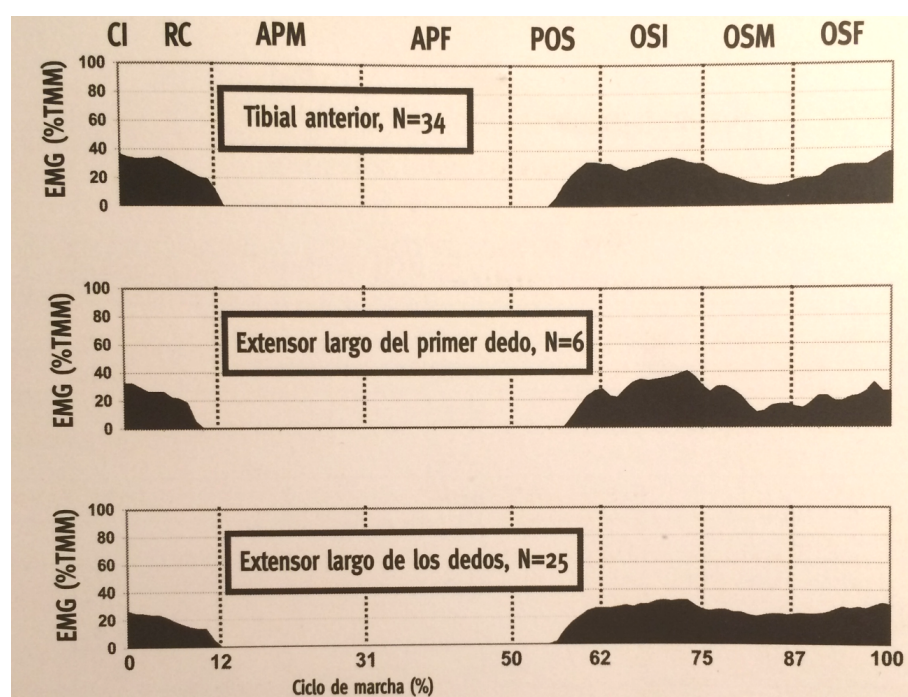


Tabla 4. Intensidad media normal y cronometraje de los músculos dorsiflexores de tobillo durante la marcha (cuantificada mediante electromiograma) ²

Todo esto se hace más importante si recordamos que entre el 60-70% de la marcha es en apoyo monopodal, por lo que si los mecanismos de estabilización muscular en apoyo monopodal no van bien, producen inestabilidad en el apoyo monopodal.² Necesitamos una buena pisada, y en especial una buena dorsiflexión de tobillo, para no sufrir descomposiciones, y por esto, se considera necesario el trabajo de los músculos del pie y de la región de la pantorrilla, principalmente, y del resto de músculos que componen la cadena muscular.

Al evaluar la biomecánica del pie, es importante reconocer que para cada fuerza hay una fuerza reactiva y para cada movimiento hay un contramovimiento. Si un factor está fuera de balance, entonces también es probable que otros estén fuera de balance.⁶ En el pie en carga siempre hay fuerzas que se aplican sobre la superficie externa de un cuerpo, como la fuerza de reacción del suelo (externas) y fuerzas que actúan creando y resistiendo un movimiento en las articulaciones del pie y extremidad inferior (internas). Estas últimas se dividen a la vez en activas y pasivas si son realizadas por componentes contráctiles voluntarios (músculos) o por estructuras que no son controladas voluntariamente por el sistema nervioso central (SNC) como los ligamentos, huesos o tendones, respectivamente.⁷

Tabla 5: Tipos de fuerza que afectan al cuerpo. Basado en Kirby, K.A. ⁷

FUERZAS EXTERNAS	FUERZAS INTERNAS	
FRS (Fuerza Reacción Suelo)	Activas	Pasivas
	Controladas por SNC (músculo)	Fuera del control voluntario (ligamentos, huesos, tendón)

Las fuerzas externas son contrarrestadas por las fuerzas internas. Todas estas fuerzas, tanto internas como externas, no afectan íntegramente al pie y del tobillo, sino que lo hacen a todo el cuerpo.^{6,7} La FRS es absorbida por una cadena ascendente que engloba sobre todo al tobillo, rodilla, cadera y ritmo lumbopélvico (core), que asimilan la mayor parte del impacto para que el tronco, miembros superiores y cabeza sufran las mínimas alteraciones posibles. Los mecanismos de absorción son los siguientes:

1. Contacto talón: control excéntrico ms. dorsiflexores.
2. Pronación del pie: control excéntrico de ms. supinadores.
3. Rotación interna de tibia: control excéntrico de rotadores externos de rodilla.
4. Flexión de rodilla: control excéntrico extensores de rodilla.
5. Rotación interna de cadera: control excéntrico de la rotación externa de cadera.
6. Flexión de cadera: control excéntrico de ms. extensores de la cadera.
7. Flexión de cadera asociada a flexión de columna lumbar: control excéntrico de ms. Extensores lumbares.
8. Existencia de un Ritmo BLP.
9. Estabilidad del BLP.
10. Estabilidad resto cuerpo: resto columna vertebral - contenido abdominal - tórax - cabeza - miembros superiores.

Durante la marcha, el pie es la primera parte del cuerpo en contactar con el suelo y recibir la FRS por lo que es de una gran importancia, que todo vaya según lo planeado en esta fase para evitar más que posibles lesiones.^{2,8} Las funciones que tienen el pie y el tobillo son ^{1,2,4,7,9,10}:

- Adaptarse a terrenos irregulares.
- Absorber choques
- Absorber la rotación de la extremidad inferior

- Aportar una palanca rígida para una propulsión eficaz.

Por otra parte, y en relación con lo expuesto, el tobillo debe responder de forma automática a 2 cuestiones físicas ¹¹:

- Acumular energía mediante flexión dorsal y rotación interna de la tibia, además de frenar la acción de la gravedad.

- Disipar esta energía en extensión plantar y rotación externa de tibia.

Las articulaciones responsables de estas funciones son la tibioperoneastragalina, subastragalina y mediotarsiana. El movimiento de estas articulaciones se produce sobre 3 ejes triplanares; este movimiento triplanar resultante se denomina eversión e inversión.^{1,11} Aunque para el conocimiento general, un pie pronado hace referencia al movimiento eversor mientras que un pie supinado lo hace de la inversión. Por este motivo, el de no crear malentendidos y confusiones, serán referidos mediante la jerga social.

A) Eversión: Movimiento hacia la pronación, abducción y dorsiflexión.

B) Inversión: Movimiento hacia la supinación, aducción y flexión plantar.

La siguiente articulación en absorber la FRS es la rodilla, que posee la cinemática mejor diseñada para la amortiguación, pero si existe una mala absorción en el tobillo supondrá un mayor esfuerzo de la rodilla por mitigar dichas fuerzas.² Este mayor esfuerzo supone ganar ROM en el plano frontal, ya que la movilidad en el plano sagital estaría restringida por la articulación del tobillo, y lleva a la rodilla a un valgo dinámico muy peligroso para esta.^{12,13,14} Meniscos internos y LCA son las principales víctimas de este mecanismo compuesto por rotación interna y flexión de rodilla.^{13,14}

Por lo tanto, recordamos con esto que un ROM reducido de dorsiflexión de tobillo puede conducir a lesiones tanto de tobillo como de rodilla. Posteriormente, la cadera tratará de reducir la FRS, mediante una flexión controlada por los músculos extensores, los más importantes el complejo del glúteo.² Una debilidad del glúteo medio puede llevar el fémur en aducción, provocando valgo de rodilla.^{2,15,16,17} Y finalmente, todas estas fuerzas externas son controladas gracias al ritmo lumbopélvico, encabezado por el core.²

La intención es establecer con esto un buen programa de prevención y de mejora del rendimiento, en este caso orientado hacia la DF de tobillo, no basta con trabajar directamente el tobillo sino que todo está relacionado y pequeñas mejoras en otras zonas pueden conducir a mejoras de la dorsiflexión. Por ejemplo, en el caso de tener la DF limitada y tener que ganar grados en el plano frontal al no poder hacerlo en el

sagital, provocando un valgo dinámico, los rotadores externos se debilitarán con lo que hará falta potenciarlos, por lo que hará falta un trabajo más global y no específico de tobillo.

4.4. Esguince de tobillo.

4.4.1. Concepto y clasificación.

Esguince, según MeSH ⁵¹, es la lesión articular en la que algunas de las fibras de los ligamentos se rompen, pero la continuidad del ligamento permanece intacta. Esta lesión articular que afecta a los ligamentos es producida por movimientos inesperados y que sobrepasan los límites fisiológicos de la referida articulación. El esguince de tobillo es la lesión aguda más vista en actividades atléticas ^{51,53-55,57-60}, además de una de las más frecuentes en la extremidad inferior en no atletas ^{51,61}. En el mundo se produce un esguince por cada diez mil personas al día ^{53,56}. La mayoría de los esguinces de tobillo son en inversión ⁶¹.

4.4.1.1. El *mecanismo de lesión* para un esguince lateral de tobillo es un movimiento combinado de flexión plantar de la articulación tibio-peronea-astragalina (TPA) y de inversión de la articulación subastragalina ^{52,53,56,61,83}, lesionando las estructuras de la cara externa del tobillo. El ligamento que se lesiona más frecuentemente es el LPAA, seguido por el LPC. El LPAP se lesiona solo en esguinces severos o cuando el esguince se produce en posición neutra de la articulación TPA o en flexión dorsal (situación poco común). Estos patrones de reparto de lesión de los distintos ligamentos pueden ser debidos a factores como la estructura de la articulación, mecanismo de lesión y la fuerza de los ligamentos de la articulación TPA. El LPAA es el más débil de los ligamentos laterales ^{62,83}.

4.4.1.2. Los *factores de riesgo* más importantes en la aparición de esguinces de tobillo son la inestabilidad, debilidad muscular, fatiga, nivel de habilidad, movilidad articular limitada, problemas relacionados con el propio calzado, tipo de protección profiláctica, déficit propioceptivo, superficie de apoyo, factores psicológicos, accidente y azar ^{51,68,83,64}. La presencia de uno o varios de estos

factores puede dejar desprotegido al tobillo que en la biomecánica tiene su primer enemigo. La fuerza del choque talón, durante la marcha, produce un torque de inversión ⁶⁴.

Para realizar la clasificación de los esguinces, todos los autores se basan en el grado de daño del ligamento y sus datos clínicos y anatomopatológicos. Las clasificaciones más usadas son la de Hamilton, Wolfe, Kaikkonen y Nyska. Todas son muy parecidas ^{53,81,71,72}. Así los esguinces los dividen en tres grados:

- **Grado I:** Lesión (desgarro) parcial del ligamento sin pérdida funcional o con limitación (impotencia funcional) leve. Presencia dolor de intensidad variable. Poca tumefacción, edema e inflamación leve. No hay inestabilidad articular. Las fibras están distendidas, pero intactas. La lesión es microscópica (Figura 9).

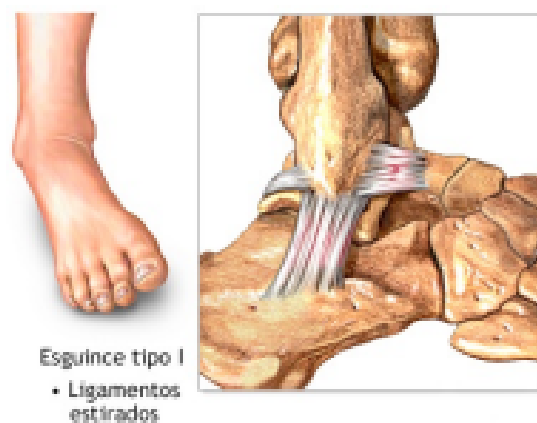


Figura 9: Esguince grado I

- **Grado II:** Lesión (desgarro) incompleto del ligamento que produce impotencia funcional moderada. Hay dolor moderado y dolor a la palpación y edema sobre las estructuras lesionadas. Tumefacción temprana por el edema, moderado, de partes blandas, y equimosis, leve o moderada, en las primeras 24-48 horas. Presencia de inestabilidad articular evaluable con las maniobras de movilidad pasiva. Algunas fibras del ligamento están parcialmente desgarradas (Figura 10).

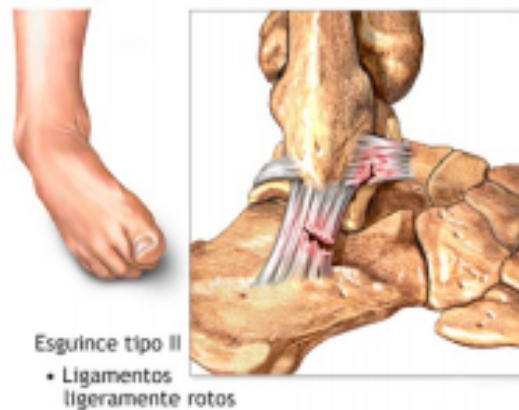


Figura 10: Esguince grado II

- **Grado III:** Lesión (rotura) completa y pérdida de integridad del ligamento, con impotencia funcional total, con imposibilidad para el apoyo. La tumefacción precoz por el edema, severo, y el hematoma local tras el accidente. La equimosis es también precoz y severa. El dolor es intenso desde el principio, con percepción clara de la gravedad por parte del paciente. En ocasiones a esta fase inicial de dolor agudo e intenso puede seguir otra de analgesia debido a rotura de haces nerviosos aferentes. Los ligamentos están completamente desgarrados y no son funcionales (Figura 11). Lesión total (rotura).

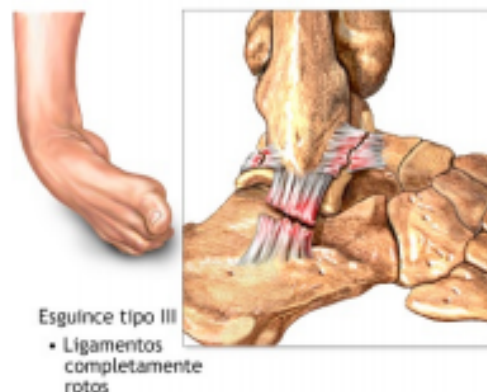


Figura 11: Esguince grado III

- 4.4.1.3.** El *tratamiento* está muy relacionado con el grado de la lesión. De esta forma, el grado I y II requieren de 48 horas de reposo con el miembro elevado, para posteriormente comenzar a realizar movilizaciones, permitiendo la carga a los 2 y 5 días respectivamente con medidas de protección. En el grado I se pueden utilizar vendajes tipo elástico, funcional o neuromuscular. Cuando desaparece el dolor En el grado II puede utilizarse tobilleras semirrígidas, vendaje funcional o incluso el neuromuscular. El grado III, al suponer la rotura del ligamento, obliga a

elegir un tratamiento mucho más contundente, utilizando inmovilizaciones rígidas (escayola, fibra de vidrio o similar), durante tres semanas, o barajando el tratamiento quirúrgico para la reparación del ligamento. El grado III requiere de un programa de tratamiento fisioterápico de unas dos semanas. Al tratamiento de los tres grados de lesión se le puede añadir tratamiento farmacológico con antiinflamatorios no esteroideos y analgésicos[32,48]. Leanderson et al.(70) hacen referencia en su artículo a un estudio de Friden et al(69) en el que realizaron análisis estabilómetro en pacientes con lesión del ligamento cruzado anterior de la rodilla, comprobando que tras tres meses de hacer tratamiento rehabilitador los pacientes continuaban con un balanceo postural elevado, no alcanzando valores normalizados hasta transcurridos doce meses de la lesión.

4.4.1.4. ***ROM normal de la flexión dorsal y flexión plantar del tobillo.***

Un adecuado rango de DF de tobillo es necesario para la realización normal de actividades funcionales como caminar, correr, subir y bajar escaleras, levantarse de una silla y agacharse.²¹ Para Kapandji, la flexoextensión del tobillo en cadena cinética abierta es un movimiento con un arco total de hasta 80°, de los cuales la dorsiflexión tiene una amplitud de 20° a 30° y la plantar flexión de 30° a 50°, siendo la posición de referencia aquella en la que la planta del pie es perpendicular al eje de la pierna y el ángulo de medida aquel formado entre la planta del pie y el eje de la pierna.¹

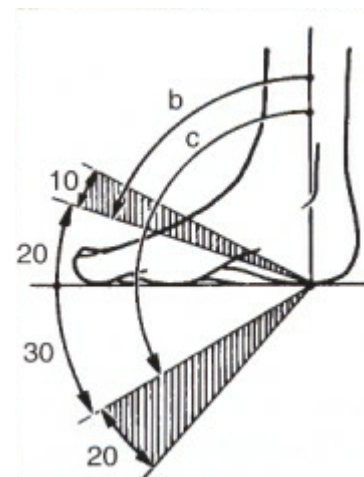


Figura 12: ROM de DF y FP del tobillo ¹

Rouvière sugiere que la flexión dorsal y la flexión plantar son de aproximadamente 20° y 40° respectivamente,⁴ con lo que forman un arco total de movimiento de 60°, 20° menos que lo que nos dice Kapandji. También comenta, que las bailarinas de ballet clásico pueden llegar a una flexión plantar de 160° al mantenerse sobre las puntas de los pies, con lo que podemos llegar a la conclusión de que la medición de

este ROM es muy confusa por la variedad de posibles mediciones. Tanto para Kapandji como para Rouvière, la movilidad activa en cadena cinética cerrada, presenta una disminución aproximada de entre 5 y 10 grados cuando la comparamos con las mediciones en cadena cinética abierta.^{1,4}

La Academia Americana de Cirujanos Ortopédicos (AAOS) establece un rango de 0 a 20° para la dorsiflexión y de 0° a 50° para la plantar flexión.²² Hislop y Montgomery, marca los mismos grados de flexión dorsal y 5° menos para la flexión plantar del tobillo.²³

Kendall hace referencia a la importancia del gemelo en la acción de la DF de tobillo, reduciendo la amplitud de movimiento de la articulación al tener la rodilla extendida.²⁴

Por este motivo expuso el ROM de la TPA teniendo en cuenta la implicación del gemelo y sin ella, estableciendo los siguientes resultados:

- Flexión dorsal:
 - Rodilla extendida: 10° (limitación por parte de los gemelos)
 - Rodilla flexionada: 20° (gemelos inhibidos/relajados)
- Flexión plantar: 45°

En un estudio funcional de la articulación, se observa como diferentes actividades locomotoras son necesarios diferentes grados de movimiento. Así, durante un ciclo medio de la marcha se necesita un rango de movimiento para la DF de 10° y para la PF de 15°, por lo que la amplitud de movimiento del tobillo durante una zancada es de 25° de media.¹ Para subir escaleras esta amplitud de movimiento se encuentra en un 14°-27° de DF y 23°-30° de PF y para bajarlas, entre un 21°-36° para la DF y entre un 24°-31° para la PF.²⁵

Hay que tener presente que el valor limitante de 20° propuesto por la literatura no guarda relación ni por lo tanto es significativo en deportistas experimentados, en una investigación llevada a cabo por Cejudo y colaboradores en el 2014, obtuvieron valores de dorsiflexión superiores a 30 grados en jugadores de fútbol sala.²⁶ Este ROM es modificable y variable como ejemplo, los 160° de arco de movimiento que pueden llegar a tener las bailarinas de ballet,⁴ por lo que podremos mejorarlo según las necesidades del sujeto ya que habrá deportes en los que se requiera más o menos ROM para conseguir un rendimiento óptimo.

	DFRE Gemelo	DFRF Sóleo
Fútbol sala	40°	40°
Presente estudio		
Fútbol profesional (Witvrouw et al, 2003)	35.7°	
Fútbol masculino adolescente (Zakas, 2005)		37.4°
Fútbol masculino adolescente (Zakas et al., 2006)		26.1°
Fútbol masculino (Ekstrand et al., 1982)	21.4°	
DFRE: dorsiflexión del tobillo con extensión completa de rodilla; DFRF: dorsiflexión del tobillo con la rodilla flexionada		

Tabla 6: Rango de DF con rodilla extendida (Gemelo) y rodilla flexionada (Sóleo) en diferentes estudios en fútbol y fútbol sala. ²⁶

Pero a lo se hace referencia es a los grados “normales” de la articulación descritos por la literatura científica por lo que tras esta revisión bibliográfica, puedo establecer que el ROM normal de la articulación del tobillo es de 20° para la flexión dorsal y 45-50° para la flexión plantar, y que durante el ciclo de marcha solo utilizamos unos 10° de DF y 15° de PF y para la carrera son necesarios unos 30° de DF. Todas estas son actividades en carga, por lo que va a ser realmente importante la medición en carga del tobillo, de ahí la medición mediante el Lunge Test.

AUTORES	Kapandji	Rouvière	AAOS	Hislop & Montgomery	Kendall	
DORSIFLEXIÓN	0°- 30°	0°- 20°	0°- 20°	0°- 20°	Rodilla ext.	0°- 10°
					Rodilla flex.	0°- 20°
PLANTARFLEXION	0°- 50°	0°- 40°	0°- 50°	0°- 45°	0°- 45°	

Tabla 7: ROM de DF y PF según diferentes autores.

ACTIVIDAD LOCOMOTORA	MARCHA	CARRERA	SUBIR ESCALERAS	BAJAR ESCALERAS	SENTADILLA
DORSIFLEXIÓN	0°- 10°	0° - 30°	0°- 14°/27°	0°- 21°/36°	40°
PLANTARFLEXION	0°- 15°	-	0°- 23°/30°	0°- 24°/31°	-

Tabla 8: ROM activa en carga de DF y PF

4.5. Esguinces de tobillo en el fútbol

Los esguinces de tobillo se definen como las lesiones musculoesqueléticas más comunes que ocurren en los atletas ^{78,79}. Varios estudios han señalado que los deportes que requieren paradas repentinas y movimientos de corte, como el fútbol, causan el mayor porcentaje de estas lesiones ⁷⁸⁻⁸⁰. Los esguinces de tobillo no solo resultan en una pérdida significativa de tiempo de la participación deportiva, sino que también pueden causar una discapacidad a largo plazo y tener un gran impacto en los costos de atención médica ⁷⁹. Según los resultados de los estudios, las lesiones más frecuentes del adolescente ^{81,82} y mujer ⁸³ los jugadores de fútbol son esguinces de tobillo. Algunos de los factores de riesgo intrínsecos implicados en las lesiones de tobillo se han identificado como esguinces previos, tipo y tamaño del pie, inestabilidad del tobillo, laxitud articular, reducción de la fuerza de las extremidades inferiores y mala alineación anatómica. ⁸⁴⁻⁸⁶ Dvorak y colegas ⁸⁷ también apoyó la observación de Inklaar ⁸⁵ que la alta tasa de nuevas lesiones sugiere que una rehabilitación inadecuada o una curación incompleta es un factor de riesgo importante. El fútbol, como la mayoría de los deportes, está asociado a un cierto riesgo de lesión para los jugadores. Sin embargo, estudios científicos han demostrado que la incidencia de lesiones en el fútbol puede reducirse mediante programas de prevención. ^{79,88,89}

El centro de investigación médica de la Federación Internacional de Fútbol (FIFA) desarrolló un programa de prevención llamado "Los 11" en cooperación con un grupo de expertos internacionales. Los ejercicios se centran en la estabilización del core, el entrenamiento excéntrico de los músculos del muslo, el entrenamiento propioceptivo, la estabilización dinámica y la pliometría con alineación de piernas rectas. Los beneficios del programa incluyen un mejor desempeño y prevención de lesiones.

Arnason y colegas ⁹⁰ han descubierto que los tobillos previamente torcidos de los jugadores de fútbol tenían una mayor frecuencia de inestabilidad lateral en comparación con los tobillos sin lesiones previas. Afirmaron que los atletas con lesiones anteriores representaban aproximadamente cinco veces el riesgo de volver a lesionarse, lo que indica la necesidad de un programa de atención médica preventiva más intensiva.

4.5.1. DFROM de tobillo limitado y sus consecuencias en el fútbol

Una buena dorsiflexión permitirá un mayor desplazamiento de la flexión de rodilla, una mejor absorción del impacto en las caídas, un menor desplazamiento del valgo

de rodilla y una menor flexión de la cadera,² por lo tanto a la hora de realizar una actividad deportiva de tan alta intensidad como el fútbol, podemos deducir la importancia de este mecanismo para evitar futuros problemas. Tener una DF de tobillo reducida es un factor de riesgo lesional de los miembros inferiores, porque actúa como mecanismo de absorción del impacto del cuerpo contra el suelo (FRS) durante la marcha,² entre un 37-50% del total de FRS tras un salto es amortiguada por la articulación del tobillo,²⁷ y si este no es capaz de absorber la parte del impacto que le corresponda, las demás articulaciones (rodilla y cadera, principalmente) tendrán que absorber más de para lo que están diseñadas, provocando así posibles descompensaciones.²⁸

Un mayor ROM de dorsiflexión se asoció con un mayor desplazamiento de flexión de rodilla y con FRS más pequeñas durante la recepción, induciendo así una postura de aterrizaje con un riesgo reducido de lesión de LCA y limitando las fuerzas que la extremidad inferior debe absorber.¹⁴ La limitación de este ROM puede limitar la movilidad de la rodilla en el plano sagital y aumentarla en el plano frontal (valgo de rodilla) para provocar mayor probabilidad de sufrir dolor patelofemoral,¹² por lo que un menor ROM también será promotor de una rodilla en valgo con lo que aumenta el riesgo de sufrir una lesión en el LCA¹³ y de una mayor aducción de cadera con lo que puede provocar problemas musculares en aductores debido a la absorción de gran parte del impacto, lesiones muy asociadas al fútbol.

Un estudio de 30 jugadores de fútbol profesional, 30 aficionado y un grupo control de 30 personas, demostró que los jugadores de fútbol profesional padecen con mayor frecuencia esguinces de tobillo y poseen ROM limitada de dorsiflexión de tobillo, además de mayor pronación en ambos pies que los jugadores de fútbol aficionados y el grupo control.²⁹ Además, los profesionales ($P = 0,004$) y los aficionados ($P = 0,001$) mostraron un tiempo de reacción peroneal (PRT) significativamente retardado del músculo peroneo largo derecho en comparación con los controles. Otro estudio refleja que el PRT en piernas derecha es siempre más rápido.³⁰ Lo que significa que los futbolistas poseen mayor inestabilidad funcional del tobillo debido al uso intensivo del pie relacionado con el trabajo.²⁹

Además, las asimetrías de fuerza funcional de los flexores del tobillo y el aumento del peso corporal aumentan la propensión a los esguinces de tobillo en los jugadores de fútbol profesional. Los jugadores más jóvenes y los jugadores con inestabilidad de tobillo están en mayor riesgo de lesión de tobillo.³¹

4.6. Inestabilidad funcional de tobillo e inestabilidad crónica de tobillo.

La inestabilidad de tobillo ha sido estudiada en profundidad por muchos autores debido a su repercusión. Esta inestabilidad permite la aparición de nuevos esguinces recurrentes y de cambios degenerativos importantes. Los cambios degenerativos se producen porque la articulación inestable sobrepasa los límites fisiológicos continuamente con el consiguiente riesgo de dañar las superficies articulares y las estructuras articulares que aún se mantienen sanos.⁶¹

Eils y Rosenbaum han dividido la inestabilidad de tobillo en dos grupos. La inestabilidad crónica de tobillo (ICT) y la inestabilidad funcional de tobillo (IFT). La ICT la definen por la laxitud ligamentosa de la articulación. Esta lesión ligamentosa afecta a las respuestas globales sensoriomotoras haciendo a los pacientes menos estables, más lentos en la compensación tras la perturbación y, por tanto, con un mayor riesgo de lesión. Por otro lado, la IFT viene definida por la presencia de un esguince agudo seguido de varios esguinces recurrentes posteriores en poco tiempo.^{63,64}

La IFT tras un esguince de tobillo, es atribuida a la denervación articular por la torsión de las terminaciones nerviosas libres especializadas o mecanorreceptores, provocando déficit en la propiocepción.⁶⁹ El déficit propioceptivo dificulta el mecanismo de feedback y control, favoreciendo la aparición de nuevos esguinces y de la instauración de la IFT.^{61,64,68} El 40% de los sujetos que padecen un esguince de tobillo refieren sensación de inestabilidad. El 70% vuelve a tener nuevos esguinces. Coughlan y Caulfield mencionan en su trabajo que los sujetos con IFT hacen la fase final del balanceo y el choque de talón en mayor inversión, por lo que el tobillo llega al suelo con excesiva inversión de retropié, con el aumento de riesgo añadido. El tiempo necesario para la corrección neuromuscular propioceptiva de esta entrada en excesiva inversión es casi tan largo como toda la fase de apoyo en la carrera.

Mitchel et al.⁶¹ afirman que el déficit propioceptivo como uno de los factores desencadenantes de la IFT, junto a la debilidad de los peroneos y la inestabilidad de la articulación subastragalina, pero no como la única.

4.6.1. Sistema somatosensorial

El sistema somatosensorial está compuesto por diferentes tipos de receptores que aportan información sobre presiones y estiramientos en la piel, tendones, músculos, ligamentos y cápsulas articulares. Toda esta información integrada permite conocer la posición del cuerpo y de sus segmentos corporales.

Laudner y Koschnitzky ⁶⁸, citan a Sherrington y Kawaguchi ⁶⁷, para definir la propiocepción como un “componente del control sensoriomotor, que aporta información de las articulaciones (ligamentos y cápsula), músculos, tendones y tejidos profundos asociados, recogida por distintos tipos de mecanorreceptores”. Según se deforman mecánicamente estas estructuras, y se procesa la información enviada por los propioceptores, se genera una respuesta conocida como control neuromuscular (Figura 13). De hecho la información sensorial y las órdenes motoras viajan dentro de la misma vía a todos los niveles del sistema nervioso central, siendo utilizada para la conducción de las órdenes para los movimientos voluntarios normales, y para los informes de errores de movimientos al SNC desde los propioceptores ⁶⁸.

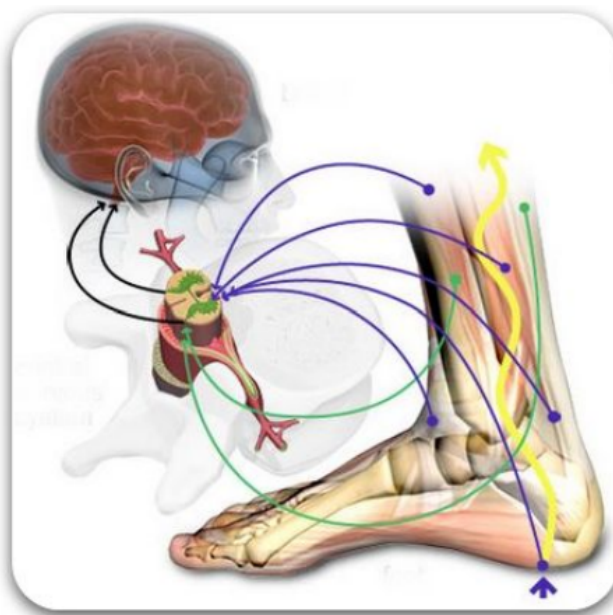


Figura 13: Sistema sensoriomotor.

Existen dos niveles de propiocepción, según Michelson y Hutchins ^{51,69}; una consciente o voluntaria que es la encargada de gestionar el control durante las actividades de la vida diaria y el deporte; y otra inconsciente o refleja que estabiliza las articulaciones durante situaciones desestabilizantes inesperadas.

4.6.1.1. Los *mecanorreceptores* participantes más reconocidos en tareas propioceptivas son los mecanorreceptores tipo II y tipo III (según la clasificación de Wyke)⁶⁹ en los ligamentos y cápsula articular del tobillo, el huso muscular y el órgano tendinoso de Golgi (en estructuras musculares y tendinosas), los Corpúsculos de Pacini y Rufini, disco de Merkel y el corpúsculo de Meissner (piel). Los mecanorreceptores tipo II son los más numerosos en los ligamentos y cápsula articular del tobillo. Informan de la iniciación del movimiento y se caracterizan por tener un bajo umbral y una adaptación lenta tanto en dinámica como en estática.⁶⁹ Los mecanorreceptores tipo III son, tras los tipo II, los más frecuentes en los ligamentos. Tienen mayor actividad en los puntos extremos del rango de movimiento, actuando como alerta para el SNC ante peligro inminente para la articulación. Son receptores muy dinámicos con un umbral alto y adaptación lenta.⁶⁹ El huso muscular proporciona información sobre la longitud del músculo y tienen inervación eferente (motora). Están dispuestos en el músculo en paralelo.⁷⁷ El órgano tendinoso de Golgi proporciona información sobre la tensión del músculo y sólo tienen inervación aferente. Están dispuestos en serie ⁷⁷. Los corpúsculos de Meissner y Pacini son los mecanorreceptores de la piel de adaptación rápida, mientras que los discos de Merkel y los corpúsculos de Ruffini son los de adaptación lenta.⁷⁷

4.6.1.2. La *propiocepción* se puede valorar a través del balanceo postural (movimiento del CDG o CDP), el tiempo de reacción de los peroneos (en una plataforma móvil y con ayuda de electromiógrafo, se valora el tiempo de reacción de los músculos peroneos ante un estímulo desestabilizante) y la sensación de posición articular (sin que el paciente mire, se le coloca la articulación en una posición, que la recuerde, y que la vuelva a reproducir).⁶⁶ Varios autores coinciden en que la propiocepción es uno de

los factores principales para dar estabilidad, reduciendo el balanceo postural, y por tanto, que un déficit de ésta provocaría un aumento del balanceo. Payne et al.⁶⁸ señalan que el déficit propioceptivo se puede usar como predictor de lesiones en el tobillo.

La información recogida por los tres sistemas aferentes del equilibrio sobre los cambios entre el individuo y su entorno, así como variaciones de la posición relativa de los segmentos corporales,⁷¹ es integrada en los distintos centros neurológicos de coordinación que reciben los datos, creando marcos de referencia egocéntrico y exocéntrico,⁷² y disponen lo necesario para realizar los ajustes necesarios para el mantenimiento del equilibrio. Los más importantes son el cerebelo, ciertos centros ganglionares del tronco cerebral, los fascículos longitudinales internos, los núcleos vestibulares (localizados en la unión de la protuberancia y el bulbo), los lóbulos floclonodulares del cerebelo, la úvula del cerebelo (influye mucho en el equilibrio estático) y los núcleos fastigiales. También existen fibras que se dirigen hacia la corteza cerebral que terminan en un centro cortical primario del equilibrio (centro para la percepción consciente del equilibrio), cerca de la zona auditiva.^{71,77}

Por último, tras la integración de toda la información por las diferentes estructuras del SNC, se generan las respuestas motoras posturales de ajuste y mantenimiento del equilibrio. Slobounov et al.⁷³ demostraron mediante pruebas de electroencefalografía el importante rol de altas estructuras corticales en la regulación del equilibrio en dinámica. Las respuestas pueden ser voluntarias o reflejas. Los núcleos vestibulares cerebelosos y de la formación reticular excitan reflejamente los músculos adecuados para lograr un buen equilibrio.⁷¹ Durante la posición erecta transmiten impulsos continuos a la médula espinal, y de ahí a los músculos extensores para dar rigidez a las extremidades (fascículo retículo-espinal y vestibulo-espinal). En gruesos rasgos, la formación reticular aporta la energía nerviosa para sostener el cuerpo contra la gravedad, y el aparato vestibular controla el grado relativo de contracción de los extensores, asegurando la función del equilibrio.

El sistema del equilibrio utiliza las tres entradas de los sistemas aferentes: vestibular, visual y sensoriomotor. Cuando uno de los sistemas está afectado, los otros dos compensan al afectado.^{51,74-77}

4.6.1.2.1. *Propiocepción del tobillo*

La inestabilidad funcional del tobillo es una de las discapacidades residuales más comunes después de un esguince agudo de tobillo. La inestabilidad de la articulación del tobillo puede definirse como inestabilidad mecánica o funcional. La inestabilidad mecánica se refiere a la medición objetiva de la laxitud de los ligamentos, mientras que la inestabilidad funcional se define como la sensación de ceder. Los factores casuales incluyen un déficit propioceptivo, debilidad muscular o falta de coordinación.⁶²

La inestabilidad del tobillo como resultado de la desaferentación parcial de los mecanorreceptores articulares con lesión articular fue postulada por primera vez por Freeman.⁶³ Se observó que se produjo una disminución en la capacidad de mantener una postura con una pierna en el tobillo torcido frente al tobillo ileso contralateral. Konradsen y Ravn ⁶⁴ atribuyó la causa de la inestabilidad funcional a causas mecánicas y funcionales al afirmar que la inestabilidad funcional es el resultado de "daño a los receptores mecánicos en los ligamentos laterales o músculo / tendón con la posterior desaferenciación parcial del reflejo propioceptivo".

5. ACCIONES A REALIZAR

5.1. Batería de ejercicios

Calentamiento / Core

El primero de los bloques para realizar, a modo de calentamiento, es el core, que como afirma Stuart McGill, un core resistente es necesario para un óptimo rendimiento y prevención de lesiones,³² por lo que es necesario este tipo de trabajos en cualquier programa de prevención.

CALENTAMIENTO / CORE					
					
Transiciones	10 rep	Puente	10 rep	Isquio fitball con goma en rodillas	10 rep
					
Plancha frontal y lateral			2x20"	Cat-camell	10 rep
				Superman	10 rep

Tabla 9: Calentamiento / Core

Flexibilidad cadena posterior

A partir de aquí se irá a ejercicios más específicos, como la flexibilidad de la cadena posterior. Como se hará casi al inicio de la sesión, antes de un trabajo de fuerza, es importante que el trabajo de flexibilidad no baje el tono muscular pero si consiga esas mejoras de extensibilidad del tejido por lo que los métodos seleccionados para tal fin son el masaje miofascial a un ritmo continuo y dinámico y el trabajo excéntrico en sostén (cinturón ruso)

FLEXIBILIDAD CADENA POSTERIOR		
Foam Roller		2x1'
	Masaje miofascial tríceps sural de las dos piernas con foam roller. Tumbado boca arriba, solo con el apoyo de brazos en el suelo y el foam sobre un gemelo, masajear toda la zona durante 1 minuto, balanceándonos adelante y atrás, con ritmo constante y dinámico.	
Cinturón ruso isquio		3x10
	Colocamos el cinturón ruso sobre nuestras rodillas y lo tensionamos. Nos colocamos lo más erguidos posible y flexionamos el tronco sin perder la curvatura neutral de la espalda a la vez que espiramos por la boca, notando como estira toda la cadena posterior. Al llegar al punto máximo sin perder el neutral, regresamos a la posición inicial. El movimiento tiene que ser lo más controlado posible, bajando en 4 segundos y subiendo en 3.	

Tabla 10: Flexibilidad cadena posterior

De esta forma se tendrá un trabajo completo de la cadena posterior, empezando por el foam roller masajeando la zona más importante que es la de los tríceps surales tratando de liberarlos de una posible tensión excesiva que limite el movimiento de DF y posteriormente se sumará toda la cadena posterior en el cinturón ruso mediante un trabajo activo excéntrico.

Fuerza específica de tobillo

Ya con la musculatura limitante de la DF activa y estirada, se empezará con las tareas específicas del tobillo.

FUERZA ESPECIFICA DE TOBILLO	
Excéntrico gemelo con goma + concéntrico tibial posterior	
3x10	
	Apoyados sobre un cajón con los dedos de los dos pies y las piernas extendidas, hacemos una contracción excéntrica de gemelos y posteriormente elevamos los talones tirando de una goma colocada entre los tobillos sin levantar los dedos del cajón. Fase excéntrica lenta y controlada (+/-3") y fase concentrica explosiva.
Lunge para cápsula	
2x15	
	Colocamos un cincha sobre el astrágalo y ponemos el pie sobre un cajón 15 cm más alto que el cincha para que haya un óptimo desplazamiento posterior del astrágalo. Realizamos un lunge flexionando la rodilla llevándola en dirección al segundo dedo del pie. SIN LEVANTAR EL TALÓN.

Tabla 11: Fuerza específica de tobillo

A pesar de que en ambas tareas existe un trabajo excéntrico de tríceps sural, la primera aparece en este bloque por la contracción concéntrica del tibial posterior, principal inversor del pie y gran elevador del arco longitudinal interno, al tirar de la goma elástica y separar los talones, de esta forma se tratará de que el pie modifique su forma para evitar la pronación. Además, se fortalecerá el peroneo lateral largo al supinar el pie pero manteniendo fijo el dedo gordo en el cajón, de esta forma se evita que el antepié se eleve, consiguiendo mayor efecto sobre la elevación del ALI (arco lateral interno).

La segunda tarea está pensada desde un enfoque artrocinemático en el que la banda ayuda en el deslizamiento posterior del astrágalo permitiendo que tanto la tibia y el peroné no se bloqueen durante la DF. La banda tiene que estar colocada con unos 15° de pendiente para que el deslizamiento del astrágalo sea correcto. De esta forma se trabajará directamente sobre la cápsula articular con la cincha y mediante el lunge estiramos los músculos plantarflexores.

Fuerza funcional

Este bloque se centrará en las cadenas miofasciales trabajando mediante ejercicios funcionales varios músculos a la vez implicados en la mejora de la DFROM (Rango movilidad dorsiflexión). El primero de ellos es un squat con theraband en los dedos gordo, para trabajar mediante el windlass inverso el flexor largo del dedo gordo, que como se ha observado por su anatomía ayuda a la inversión y al varo de talón, además de ser un músculo importantísimo en la impulsión del miembro inferior. Además se fortalecerá el peroneo lateral largo al mantener el dedo gordo fijo en el suelo mientras supinamos mediopié y retropié. También trabajaremos con este ejercicio el vasto interno al extender la rodilla en los primeros grados de flexión y el glúteo medio al rotar la pierna externamente para no tocar la banda durante el lunge, luchando así contra los movimientos valginizantes. En el segundo ejercicio se realizará un lunge con banda en el dedo gordo, trabajando lo mismo que en el ejercicio anterior pero dando más protagonismo al glúteo medio al tener que estabilizar el movimiento y mantenernos en equilibrio al realizar la flexión de rodilla sobre una sola pierna. Por último, el tercero consiste en bajar del escalón con una pierna, de esta forma se realiza un trabajo muy funcional de DF (dorsiflexión) de tobillo, ya que a la hora de bajar escaleras es necesario un mayor ROMDF que durante la marcha. También se potenciará con este ejercicio cuádriceps y glúteos mayor y menor, pero principalmente este último. Además este ejercicio servirá como test para evaluar la funcionalidad de tobillo, rodilla, cadera y ritmo lumbopélvico, al implicar todas las articulaciones en un movimiento complejo.

FUNCIONAL		
Squat con theraband dedo gordo		3x10
	Colocamos un theraband bajo nuestros dedos gordos y lo agarramos con nuestras manos a la altura del pecho. Realizamos una sentadilla sin levantar el talón, llevando las rodillas por fuera del theraband y flexionando el dedo gordo para que no se levante. Mantenemos la tensión en el theraband en todo momento.	
Lunge con theraband dedo gordo		3x10
	Colocamos un theraband bajo nuestro dedo gordo y lo agarramos con nuestras manos a la altura del pecho. Realizamos un lunge sin levantar el talón, llevando la rodilla por fuera del theraband y flexionando el dedo gordo para que no se levante. Mantenemos la tensión en el theraband en todo momento.	
Lateral Step Down		4x5
	Nos colocamos sobre un cajón solo con una pierna y la otra pierna al lado con la rodilla extendida. Flexionamos la rodilla hacia el segundo dedo hasta el punto en el que el talón esté a punto de levantarse o toquemos con el talón de la pierna contraria el suelo. Las manos en la cintura, mirada al frente, sacando pecho y culo para mantener la espalda con la curvatura neutra.	

Tabla 12: Funcional

6. DETERMINACIÓN DE PLAZOS O CRONOGRAMA

Periodización

Al ser un trabajo preventivo, se puede llevar a cabo en cualquier época del año excepto en momentos que transcurran con alguna lesión, ya que este trabajo afecta a otras articulaciones y puede ser contraproducente en caso de lesión. Durante la realización de esta batería se puede realizar vida normal, que en el caso de los futbolistas implica sus sesiones semanales de entrenamiento, pero para un mejor resultado el momento oportuno sería en el período transitorio, este es el que transcurre entre el final de una temporada y el inicio de la siguiente. A continuación, se muestra una tabla de periodización deportiva de un equipo de fútbol estableciendo el lugar ideal de la intervención.

TABLA DE PERIODIZACIÓN DE LA BATERÍA DE EJERCICIOS.

PERIODO TRANSITORIO 1	PERIODO COMPETITIVO 1	PERIODO TRANSITORIO 2	PERIODO COMPETITIVO 2
Julio- Agosto	Agosto - Diciembre	25 de diciembre- 3 de enero	Enero- Junio
INTERVENCIÓN	COMPETICIÓN	DESCANSO	COMPETICIÓN

7. DETERMINACIÓN DE RECURSOS NECESARIOS (Materiales y humanos).

7.1. Recursos humanos

Para la realización de este proyecto será necesario sólo un sujeto que lleve a cabo la medición y valoración de las diferentes articulaciones, más que explique la realización de los ejercicios y esté atento para dar feedback al instante.

7.2. Recursos materiales

El material utilizado lo dividimos en dos partes. Uno, el material de la medición y valoración de las articulaciones (test), y otro, el material de la batería de ejercicios (sesión).

Material para test

- Cinta métrica (1).
- Rotulador (1).

- Tarjeta (1)
- Cámaras (2).
- Cintas adhesivas (1)

Material de sesión

- Banda elástica intensidad alta (1).
- Banda elástica intensidad media (1).
- Fitball (1).
- Foam Roller (1).
- Cinturón ruso (1).
- Cajón (1).

8. FACTORES EXTERNOS CONDICIONANTES PARA EL LOGRO DE LOS RESULTADOS

Es necesario contemplar que todo factor externo ajeno al proyecto causará demoras en los plazos o periodización del mismo, contemplando dichos factores como ser: modificación de calendario establecidos por la entidad reguladora (AFA), en caso de que las pruebas sean tomadas durante el transcurso de competencias; suspensiones por cuestiones legales; cese de actividad deportiva por cambio de institución u otras decisiones empresariales.

9. EVALUACIÓN DEL PROYECTO

Los criterios, procedimientos e instrumentos necesarios para valorar la DFROM y la funcionalidad, serán con lo que podremos evaluar el éxito del proyecto, y se realizarán en función de los contenidos del mismo:

- Calentamiento / Core
- Flexibilidad cadena posterior
- Fuerza específica de tobillo
- Fuerza funcional

Como instrumentos se realizan tablas de registros de valores. A modo de ejemplo se consignan la siguiente:

Tabla de Resultados valoración funcional por grupo.

TEST DF	MEDIA
PRE TEST DERECHA	MALO
PRE TEST IZQUIERDA	MALO
POST TEST DERECHA	REGULAR
POST TEST IZQUIERDA	BUENO

La recogida de datos se llevará a cabo mediante una planilla (ANEXO 1) en la que se establece el DFROM inicial y el DFROM final, tanto en carga como en descarga, el resultado del testaje articular analítico para las diferentes pruebas.

Siguiendo estas pautas y teniendo en cuenta las explicaciones expuestas anteriormente desde la fisiología articular y la teoría de cadenas miofasciales, será propuesta una batería de ejercicios que consiste en 4 bloques de contenidos.

Los 4 bloques principales se componen de:

- Calentamiento / Core
- Flexibilidad cadena posterior
- Fuerza específica de tobillo
- Fuerza funcional

9.1. Método de medición

Para la medición en carga de la flexión dorsal del tobillo realizaremos el Lunge Test descrito por Bennell.⁹⁵ Una línea de 50 cm de largo dibujada en el suelo y continuando está en la pared, otra línea de unos 60 cm de largo, forman el espacio necesario para realizar la prueba. El sujeto coloca el pie que se va a medir a lo largo de la línea del suelo con el talón y el 2º dedo alineados, y trata de llevar la rodilla a la pared sin levantar el talón de la pierna medida del suelo. La rodilla tiene que ir en dirección al 2º dedo del pie para evitar que haya movimiento en otros planos y no sea flexión dorsal pura. Para el mantenimiento del equilibrio, se puede tocar con uno o dos dedos la pared. Se considera el máximo ROM de DF a la máxima distancia del pie a la pared manteniendo el contacto entre la pared y la rodilla sin levantar el talón. Se establece una distancia inicial de 10 cm porque se considera que representa un óptimo ROM. Si no llegas a tocar la pared con la rodilla a esta distancia sin levantar el talón del suelo, se considera un factor de riesgo.

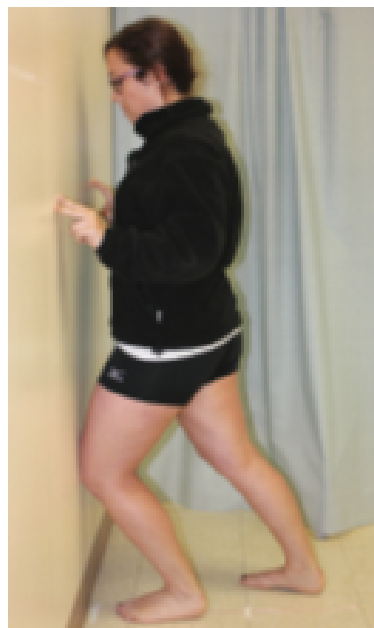


Figura 14: Lunge Test

9.2. Relevamiento de trabajo de campo

Los datos informados en la tabla (12) fueron tomados en dos planteles de fútbol al inicio de la temporada. Dejando abierta la aplicación, de los test, posterior medición de ROM y el cálculo del cambio porcentual (*El cambio % se calcula: $((post-pre)/pre)*100$*), en un siguiente proyecto de intervención o con mayor probabilidad en un Trabajo de Investigación.

Jugadores Primera División	ROM (Pre TEST)		ROM (Post TEST)		Cambio Porcentual (%)
	Pie izquierdo	Pie derecho	Pie izquierdo	Pie derecho	
Jugador 1	17	13			
Jugador 2	13	12			
Jugador 3	7	6			
Jugador 4	9	10			
Jugador 5	6	6			
Jugador 6	12	9			
Jugador 7	10	9			
Jugador 8	10	10			
Jugador 9	11	10			

Jugador 10	10	10			
Jugador 11	3	3			
Jugador 12	13	12			
Jugador 13	8	11			
Jugador 14	9	9			
Jugador 15	13	13			
Jugador 16	7	10			
Jugador 17	9	8			
Jugador 18	10	3			
Jugador 19	11	10			
Jugador 20	9	10			
Jugador 21	6	8			
Jugador 22	7	8			

Tabla 12: Medición del ROM medio de DF en la prueba Lunge Test. Elaboración Propia

BIBLIOGRAFÍA

1. Kapandji AI. Fisiología articular. Tomo 2. 6ª ed. Madrid: Médica Panamericana; 2010.
2. Perry J, Burnfield J. Análisis de la marcha. Normal y patológica. 1ª ed. Barcelona: Editorial Base; 2015.
3. Frank H, Netter M. Atlas de Anatomía Humana. 6ª ed. Barcelona: Masson; 2015.
4. Rouviere H, Delmas A. Anatomía humana descriptiva, topográfica y funcional. 11ª ed. Barcelona: Masson; 2005.
5. Tortora GJ, Derrickson B. Principios de anatomía y fisiología. 13ª ed. Madrid: Médica Panamericana; 2013.
6. Schuster J, Chris Coetzee J, Stovitz SD. Foot pain: Biomechanical basics as a guide for assessment and treatment. *Phys Sportsmed*. 2009;37(2):80–6.
7. Kirby KA. Biomecánica del Pie y la Extremidad Inferior IV: Artículos de Precisión Intricast, 2009-2013. 1ª ed. Arizona: Precision Intricast; 2013.
8. Konor MM, Morton S, Eckerson JM, Grindstaff TL. Reliability of three measures of ankle dorsiflexion range of motion. *Int J Sports Phys Ther*. 2012;7(3):279–87.
9. Hall CM, Brody LT. Ejercicio terapéutico. Recuperación Funcional. Barcelona: Ed. Paidotribo; 2006.
10. Prentice WE. Técnicas de rehabilitación en medicina deportiva. Barcelona: Ed. Paidotribo, 2001.
11. Luis J, Restoy F. Cinética de la articulación del tobillo en apoyo unipodal. *El peu*. 2004;24(2):74–82.
12. Macrum E, Bell DR, Boling M, Lewek M, Padua D. Effect of limiting ankle dorsiflexion range of motion on lower extremity kinematics and muscle-activation patterns during a squat. *J Sport Rehabil*. 2012;21(2):144–50.
13. Park K-M, Cynn H-S, Choung S-D. Musculoskeletal predictors of movement quality for the forward step-down test in asymptomatic women. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2013;43(7):504–10.
14. Fong CM, Blackburn JT, Norcross MF, McGrath M, Padua DA. Ankle-dorsiflexion range of motion and landing biomechanics. *J Athl Train*. 2011;46(1):5–10.
15. Sahrmann S. Movement System Impairments Syndromes of the Extremities, Cervical and Thoracic Spines. 1ª ed. St. Louis. Missouri: Elsevier; 2010.
16. Powers CM. The Influence of Abnormal Hip Mechanics on Knee Injury: A Biomechanical Perspective. *J Orthop Sport Phys Ther*. 2010;40(2):42–51.

17. Presswood L, Cronin J, Keogh JW, Whatman C. Gluteus Medius: Applied Anatomy, Dysfunction, Assessment, and Progressive Strengthening. *Strength Cond J*. 2008;30:41–53.
21. Bohannon RW, Tiberio D, Zito M. Selected measures of ankle dorsiflexion range of motion: differences and intercorrelations. *Foot Ankle*. 1989;10(2):99–103.
22. Greene WB, Heckman JD. *The Clinical Measurement of Joint Motion*. Chicago: American Academy of Orthopaedic Surgeons; 1994.
23. Hislop HJ, Montgomery J. Daniels & Worthingham. *Técnicas de Balance Muscular*. 7ª ed. Madrid: Elsevier; 2003.
24. Kendall FP, Kendall E, Geise P, McIntyre P, Romani WA. *Músculos. Pruebas funcionales postura y dolor*. 5ª ed. Madrid: Marbán Libros; 2007.
25. Livingston LA, Stevenson JM, Olney SJ. Stairclimbing kinematics on stairs of differing dimensions. *Arch Phys Med Rehabil*. 1991;72(6):398–402.
26. Cejudo A, Sainz de Baranda P, Ayala F, Santonja F. Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadores de fútbol sala. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*. 2014;14(55):509–25.
27. Devita P, Skelly Wa. Effect of landing stiffness on joint kinetics and energetics in the lower extremity. *Med Sci Sports Exerc*. 1992;24(1):108–15.
28. Backman LJ, Danielson P. Low Range of Ankle Dorsiflexion Predisposes for Patellar Tendinopathy in Junior Elite Basketball Players: A 1-Year Prospective Study. *Am J Sports Med*. 2011;39(12):2626–33.
29. Rein S, Fabian T, Weindel S, Schneiders W, Zwipp H. The influence of playing level on functional ankle stability in soccer players. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2011;131(8):1043–52.
30. Rein S, Fabian T, Zwipp H, Mittag-Bonsch M, Weindel S. Influence of age, body mass index and leg dominance on functional ankle stability. *Foot ankle Int / Am Orthop Foot Ankle Soc [and] Swiss Foot Ankle Soc*. 2010;31(5):423–32.
31. Fousekis K, Tsepis E, Vagenas G. Intrinsic Risk Factors of Noncontact Ankle Sprains in Soccer: A Prospective Study on 100 Professional Players. *Am J Sports Med*. 2012;40(8):1842–50.
32. McGill S. Core Training: Evidence Translating to Better Performance and Injury Prevention. *Strength Cond J*. 2010;32(3):33–46.
33. O'Brien M. The anatomy of the Achilles tendon. *Foot Ankle Clin*. 2005 Jun;10(2):225–38. doi: 10.1016/j.fcl.2005.01.011. PMID: 15922915.
34. O'Brien M. Functional anatomy and physiology of tendons. *Clin Sports Med* 1992;11(3):505– 20.

35. Cummins EJ, Anson BJ, Carr BW, et al. The structure of the calcaneal (Achilles) in relation to orthopaedic surgery. *Surg Gynaecol Obst* 1946;83:107.
36. Wood Jones F. Structure and function as seen in the foot. Baillere, Tindall and Cox; 1944.
37. Barfred T. Experimental rupture of Achilles tendon. *Acta Orthop Scand* 1971;42:528– 43.
38. Benjamin M, Evans EJ, Copp L. The histology of tendon attachment to bone in man. *J Anat* 1986;149:89– 100.
39. Jozsa G, Kannus P. Human tendons Anatomy and Physiology. Human Kinetics 1997.
40. Schepsis AA. Achilles tendon disorders in athletes. *Am J Sports Med* 2002;30(2):287– 305.
41. Jones DC. Retrocalcaneal bursitis and insertional tendonitis. *Sports Med Arthroscopy Rev* 1994;2.
42. Allenmark C. Partial Achilles tendon tears. *Clin Sports Med* 1992;11(4):759–69.
43. Kvist M. Achilles tendon overuse injuries [doctoral dissertation]. Turku (Finalnd)7 University of Turku; 1991.
44. Kvist M. Achilles tendon injuries in athletes. *Sports Med* 1994;18:173–201.
45. Kvist M, Jozsa L, Jarvinen M, et al. Chronic Achilles paratenonitis in athletes: a histologic and histochemical study. *Pathology* 1987;19:1– 11.
46. Romanelli DA, Almekinders LC, Mandelbaum BR. Achilles rupture in the athlete: current science and treatment. *Sports Med Arthroscopy Rev* 2000;8:377 –86.
47. Kastelic J, Galeski A, Baer E. The multi composite structure of tendon. *Conn Tissue Res* 1978;6:11 –23.
48. Amiel D, Billings E, Akeson WH. Ligament structure, chemistry and physiology. In: Daniel D, editor. *Knee ligaments: structure function, injury and repair*. New York7 Raven Press; 1990. p. 77–91.
49. Butler DL, Grood ES, Noyes FR, et al. Biomechanics of ligaments and tendons. *Exerc Sport Sci Rev* 1978;6:125– 82.
50. Read JW, Perduto AJ. Tendon imaging: ultrasound and MRI. *Sports Med Arthroscopy Rev* 2000;8:32– 55.
51. Sprains and Strains - MeSH - NCBI [Internet]. PubMed. MeSH. [cited 2015 Sep19]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/68013180>
52. Akbari M, Karimi H, Farahini H, Faghihzadeh S. Balance problems after unilateral lateral ankle sprains. *J Rehabil Res Dev*. 2006;43(7):819–24.

53. Dodangeh Gonzalez M, Alvarez Sciamanna RC, Blazquez Martin T, Martinez Nisa C, Freixes Garcia DF, San Miguel Campos M, et al. Protocolo Esguinces de Tobillo. Barcelona: Asepeyo; 2013. p. 1–15.
54. Bastien M, Moffet H, Bouyer LJ, Perron M, Hébert LJ, Leblond J. Alteration in global motor strategy following lateral ankle sprain. *BMC Musculoskelet Disord*. 2014;15(1):436.
55. Doherty C, Bleakley C, Hertel J, Caulfield B, Ryan J, Delahunt E. Balance failure in single limb stance due to ankle sprain injury: An analysis of center of pressure using the fractal dimension method. *Gait Posture*. 2014;40(1):172–6.
56. Mitchell A, Dyson R, Hale T, Abraham C. Biomechanics of ankle instability. Part 2: Postural sway-reaction time relationship. *Med Sci Sports Exerc*. 2008;40(8):1522–8.
57. Doherty C, Delahunt E, Caulfield B, Hertel J, Ryan J, Bleakley C. The incidence and prevalence of ankle sprain injury: A systematic review and meta-analysis of prospective epidemiological studies. *Sport Med*. 2014;44(1):123–40.
58. Perez Rojas JEA, Hernández Elizarraras E, Mazadiego González ME, Mora Oropeza R, Rangel Valdez YM, de la Torre Sánchez R, et al. Guía clínica para la atención del paciente con esguince de tobillo. *Rev Médica IMSS*. 2004;42(5):437–44.
59. Hung Y. Neuromuscular control and rehabilitation of the unstable ankle. *World J Orthop*. 2015;6(5):434.
60. Fong DT, Chan Y-Y, Mok K, Yung PS, Chan K. Understanding acute ankle ligamentous sprain injury in sports. *Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol*. 2009;1:14.
61. Brown CN, Mynark R. Balance Deficits in Recreational Athletes With Chronic Ankle Instability. *J Athl Train*. 2007;42(3):367–73.
62. Jeka JJ, Lackner JR. Fingertip contact influences human postural control. *Exp Brain Res*. 1994;100(3):495–502.
63. Payne KA, Berg K, Latin RW. Ankle injuries and ankle strength, flexibility, and proprioception in college basketball players. *J Athl Train*. 1997;32(3):221–5.
64. Coughlan G, Caulfield B. A 4-week neuromuscular training program and gait patterns at the ankle joints. *J Athl Train*. 2007;42(1):51–9.
65. Arnheim D. *Medicina Deportiva. Fisioterapia y Entrenamiento Atlético. Patología Deportiva*. 1a ed. Madrid: Mosby/Doyma Libros; 1995.
66. Eils E, Rosenbaum D. A multi-station proprioceptive exercise program in patients with ankle instability. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33(12):1991–8.
67. Kawaguchi J. Ankle: Proprioceptive exercises balance rehabilitation. *Biomech Rehabil Suppl*. 1999;23:133–40.

68. Nielsen JB, Sinkjaer T. Afferent feedback in the control of human gait. *J Electromyogr Kinesiol.* 2002;12(3):213–7.
69. Michelson JD, Hutchins C. Mechanoreceptors in human ankle ligaments. *J Bone Joint Surg Br.* 1995;77(2):219–24.
70. Menz HB, Lord SR, Fitzpatrick RC. A tactile stimulus applied to the leg improves postural stability in young, old and neuropathic subjects. *Neurosci Lett.* 2006;406(1-2):23–6.
71. Peydro De Moya MF, Baydal Bertomeu JM, Vivas Broseta MJ. Evaluación y rehabilitación del equilibrio mediante posturografía. *Rehabilitacion (Madr).* 2005;39(6):315–23.
72. Lajoie Y, Teasdale N, Bard C, Fleury M. Attentional demands for static and dynamic equilibrium. *Exp Brain Res.* 1993;97(1):139–44.
73. Slobounov S, Hallett M, Stanhope S, Shibasaki H. Role of cerebral cortex in human postural control: An EEG study. *Clin Neurophysiol.* 2005;116(2):315–23.
74. Nashner LM. A model describing vestibular detection of body sway motion. *Acta Otolaryngol.* 1971;72(1-6):429–36.
75. Diener H-C, Dichgans J. On the role of vestibular, visual and somatosensory information for dynamic postural control in humans. *Prog Brain Res.* 1988;76:253–62.
76. Horak FB, Nashner LM, Diener HC. Postural strategies associated with somatosensory and vestibular loss. *Exp Brain Res.* 1990;82(1):167–77.
77. García-Pastor C, Álvarez-Solís G. La prueba de Romberg y Moritz Heinrich Romberg. *Rev Mex Neurocienc.* 2014;15(162):31–5.
78. Garrick JG. The frequency of injury, mechanism of injury, and epidemiology of ankle sprains. *Am J Sports Med* 1977;5:241–2.
79. McGuine TA, Keene JS. The effect of a balance training program on the risk of ankle sprains in high school athletes. *Am J Sports Med* 2006;34:1103–11.
80. Barrett J, Bilisko T. The role of shoes in the prevention of ankle sprains. *Sports Med* 1995;20:277–80.
81. Emery CA, MeeuwisseWH, Hartmann SE. Evaluation of risk factors for injury in adolescent soccer implementation and validation of an injury surveillance system. *Am J Sports Med* 2005;33:1882–91.
82. Peterson L, Junge A, Chomiak J, et al. Incidence of football injuries and complaints in different age groups and skill-level groups. *Am J Sports Med* 2000;28:S69–74.
83. Faude O, Junge A, Kindermann W, et al. Injuries in female soccer players: a prospective study in the German National League. *Am J Sports Med* 2005;33:1694–700.

84. Barker HB, Beynnon BD, Renstrom PAFH. Ankle injury risk factors in sport. *Sports Med* 1997;23:69–74.
85. Inklaar H. Soccer injuries. II. Aetiology and prevention. *Sports Med* 1994;18:81–93.
86. Giza E, Fuller C, Junge A, et al. Mechanisms of foot and ankle injuries in soccer. *Am J Sports Med* 2003;31:550–4.
87. Dvorak J, Junge A, Chomiak J, et al. Risk factor analysis for injuries in football players possibilities for a prevention program. *Am J Sports Med* 2000;28:S69–74.
88. Soderman K, Werner S, Pietila T, et al. Balance board training: prevention of traumatic injuries of the lower extremities in female soccer players? A prospective randomized intervention study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2000;8(6):356–63.
89. Tropp H, Askling C, Gillquist J. Prevention of ankle sprains. *Am J Sports Med* 1985;13(4):259–62.
90. Arnason A, Sigurdsson SB, Gudmundsson A, et al. Risk factors for injuries in football. *Am J Sports Med* 2004;32:5S–16S.
91. Jozsa L, Kannus P, Balint JB, et al. Three-dimensional structure of tendons. *Acta Anat (Basel)* 1991;142:306–12.
92. Fousekis K, Tsepis E, Vagenas G. “Factores de riesgo intrínsecos del tobillo sin contacto. Esguinces en el fútbol: un estudio prospectivo sobre 100 jugadores profesionales.” *J Sports Medicina*. 2012;40(8):1842–50.
93. Fu A, Hui-Chan CWY. Ankle joint proprioception and postural control in basketball players with bilateral ankle sprains. *Am J Sports Med*. 2005;33(8):1174–82.
94. Nashner LM, Cordo PJ. Relation of automatic postural responses and reactiontime voluntary movements of human leg muscles. *Exp Brain Res*. 1981;43(3-4):395–405.
95. Bennell KL, Talbot RC, Wajswelner H, Techovanich W, Kelly DH, Hall AJ. Intrarater and inter-rater reliability of a weight-bearing lunge measure of ankle dorsiflexion. *Aust J Physiother*. 1998;44(3):175–80.

ANEXO - PLANILLA DE VALORACIÓN

DATOS PERSONALES																																													
Nombre y apellidos:				DNI:			N° de sujeto:																																						
N° de contacto:				Fecha de nacimiento:			Grupo:																																						
Deporte:				Categoría:			Sexo: M F																																						
Historial de lesiones:						End Feel derecho:		End Feel izquierdo:																																					
FECHA SESIONES																																													
PRETEST:		1ª		2ª		3ª																																							
POSTEST:		4ª		5ª		6ª																																							
VALORACION ANALITICA DEL TOBILLO																																													
PRETEST ROM DF TOBILLO DERECHO																																													
POSICION	TEST	ROMi	VALOR			ΣVALORES	GRUPO																																						
			0	1	2		BUENO	REGULAR	MALO																																				
DESCARGA	Rodilla flexionada																																												
	Rodilla extendida																																												
CARGA	Lunge Test	Distancia																																											
		ROM																																											
PRETEST ROM DF TOBILLO IZQUIERDO																																													
POSICION	TEST	ROMi	VALOR			ΣVALORES	GRUPO																																						
			0	1	2		BUENO	REGULAR	MALO																																				
DESCARGA	Rodilla flexionada																																												
	Rodilla extendida																																												
CARGA	Lunge Test	Distancia																																											
		ROM																																											
POSTEST ROM DF TOBILLO DERECHO																																													
POSICION	TEST	ROMf	VALOR			ΣVALORES	GRUPO																																						
			0	1	2		BUENO	REGULAR	MALO																																				
DESCARGA	Rodilla flexionada																																												
	Rodilla extendida																																												
CARGA	Lunge Test	Distancia																																											
		ROM																																											
POSTEST ROM DF TOBILLO IZQUIERDO																																													
POSICION	TEST	ROMf	VALOR			ΣVALORES	GRUPO																																						
			0	1	2		BUENO	REGULAR	MALO																																				
DESCARGA	Rodilla flexionada																																												
	Rodilla extendida																																												
CARGA	Lunge Test	Distancia																																											
		ROM																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2">TEST</th> <th colspan="3">VALORES</th> <th colspan="3">ΣVALORES</th> </tr> <tr> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>0</th> <th>1-4</th> <th>≥5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">RODILLA FLEXIONADA</td> <td>≥20°</td> <td>10°-19,9°</td> <td><10°</td> <td rowspan="4">BUENO</td> <td rowspan="4">REGULAR</td> <td rowspan="4">MALO</td> </tr> <tr> <td colspan="2">RODILLA EXTENDIDA</td> <td>≥10°</td> <td>5°-10°</td> <td><5°</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">LUNGE TEST</td> <td>Distancia a pared</td> <td>≥10cm</td> <td>5-10cm</td> <td><5cm</td> </tr> <tr> <td>ROM</td> <td>≥40,8°</td> <td>20,4°-40,7°</td> <td><20,4°</td> </tr> </tbody> </table>										TEST		VALORES			ΣVALORES			0	1	2	0	1-4	≥5	RODILLA FLEXIONADA		≥20°	10°-19,9°	<10°	BUENO	REGULAR	MALO	RODILLA EXTENDIDA		≥10°	5°-10°	<5°	LUNGE TEST	Distancia a pared	≥10cm	5-10cm	<5cm	ROM	≥40,8°	20,4°-40,7°	<20,4°
TEST		VALORES			ΣVALORES																																								
		0	1	2	0	1-4	≥5																																						
RODILLA FLEXIONADA		≥20°	10°-19,9°	<10°	BUENO	REGULAR	MALO																																						
RODILLA EXTENDIDA		≥10°	5°-10°	<5°																																									
LUNGE TEST	Distancia a pared	≥10cm	5-10cm	<5cm																																									
	ROM	≥40,8°	20,4°-40,7°	<20,4°																																									