



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

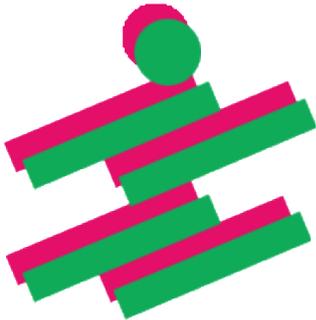
TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

Biomechanical alterations of the ankle-foot complex and its incidence in running and walking

Alteracións biomecánicas do complexo nocello-pé e a súa incidencia na carreira e marcha



Facultad de Fisioterapia

Alumno: Lucas Díaz García

DNI: 53520437N

Tutor: D. Gustavo Paseiro Ares

Convocatoria: Febrero 2019

ÍNDICE

1. Resumen	5
1. Abstract	6
1. Resumen	7
2. Introducción	8
2.1 Tipo de trabajo	8
2.2 Motivación personal	8
3. Contextualización	9
3.1 Antecedentes	9
3.2 Justificación del trabajo	12
4. Objetivos.....	13
4.1 Pregunta de investigación	13
4.2 Objetivos	13
4.2.1 General.....	13
4.2.2 Específicos	13
5. Metodología	13
5.1 Fecha y bases de datos	13
5.2 Criterios de selección	14
5.3 Estrategia de búsqueda.....	14
5.4 Gestión de la bibliografía localizada	16
5.5 Selección de artículos	17
5.6 Variables de estudio.....	17
5.7 Niveles de evidencia	18
5.8 Grados de recomendación	18
6. Resultados.....	18
6.1 Conocer las principales alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie:.....	19
6.2 Conocer el efecto del estiramiento sobre la DF del complejo tobillo-pie:	20

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

6.3 Conocer las repercusiones en la marcha por una alteración en activación muscular del tríceps sural o la musculatura estabilizadora:	21
6.4 Conocer la repercusión de las alteraciones del TS en la carrera:	23
6.5 Encontrar el mejor tratamiento, basado en la evidencia, para aumentar la DF: .	24
7. Discusión	32
7.1 Conocer las principales alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie:.....	32
7.2 Conocer el efecto del estiramiento sobre la DF del complejo tobillo-pie:	33
7.3 Conocer las repercusiones en la marcha por una alteración en activación muscular del tríceps sural o la musculatura estabilizadora:	34
7.4 Conocer la repercusión de las alteraciones del TS en la carrera:	36
7.5 Encontrar el mejor tratamiento, basado en la evidencia, para aumentar la DF: .	37
7.5 Limitaciones del trabajo.....	38
8. Conclusiones	39
9. Bibliografía.....	40
10. Anexos.....	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Traducción de términos naturales a términos Mesh	15
Tabla 2: Selección de artículos	17
Tabla 3: Características de los estudios incluidos en esta revisión.....	26

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1 Posición de referencia y movimientos de flexo-extensión del tobillo..	10
--	----

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS/ABREVIATURAS

TS	Tríceps Sural
ATPA	Articulación tibioperoneo astragalina
DF	Dorsiflexión
FP	Plantiflexión
GAS	Gastrocnemios
TA	Tibial anterior
Pubmed	National Library of Medicine, Estados Unidos
ROM	Rango de movimiento articular
FAI	Inestabilidad funcional de tobillo
MTU	Unión miotendinosa
EMG	Electromiografía
EC	Ensayo clínico
RS	Revisión sistemática
ECCA	Ensayo clínico controlado aleatorizado
ECA	Ensayo clínico aleatorizado
ECC	Ensayo clínico controlado

1. RESUMEN

Introducción

Las lesiones en el tríceps sural son algo común entre deportistas de fondo, y la causa muchas veces no se queda en el músculo sino que está relacionada con una alteración en la biomecánica del complejo tobillo-pie, más concretamente de la dorsiflexión de tobillo, imprescindible para la carrera y la marcha.

Objetivo

Analizar si la falta de Dorsiflexión de tobillo constituye un factor de riesgo en la incidencia de lesiones del tríceps sural así como su tratamiento y las implicaciones que ésta tiene en la carrera y marcha.

Material y método

Se realiza una revisión en la bibliografía en las bases de datos de Pubmed, PEDro y Cochrane filtrando los artículos publicados entre 2013 y 2019 que fueran ensayos clínicos o revisiones sistemáticas.

Resultados

En esta revisión se analizaron 21 artículos entre ensayos clínicos y revisiones sistemáticas de los que 7 de ellos responden a las principales alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie, 7 al efecto del estiramiento sobre la DF de tobillo, 9 a las repercusiones en la marcha por una alteración en activación muscular del tríceps sural o la musculatura estabilizadora, 5 a la repercusión de las alteraciones del TS en la carrera, y 4 al mejor tratamiento para aumentar la DF de tobillo.

Conclusiones

La falta de flexión dorsal de tobillo contribuye al aumento de la rigidez del tríceps sural y a alteraciones en la carrera y marcha, como un alza precoz del talón al caminar, además de aumentar la posibilidad de lesión propia del músculo. El mejor tratamiento para la misma es el estiramiento por el método de contracción relajación.

La fatiga de sóleo y gastrocnemios contribuye a que aparezcan alteraciones biomecánicas en la carrera y la marcha conforme la edad aumenta. En la carrera la importancia de la fuerza muscular depende de la velocidad.

Palabras clave (Mesh)

Triceps surae, Gastrocnemius, biomechanical phenomena, Ankle, Physical therapy modalities.

1. ABSTRACT

Background

Injuries in the triceps surae are common among athletes, and the cause often does not remain in the muscle but is related to an alteration in the biomechanics of the ankle-foot complex, more specifically the dorsiflexion of the ankle, essential for running and walking.

Objective

To analyze if the lack of ankle dorsiflexion constitutes a risk factor in the incidence of sural triceps injuries as well as its treatment and the implications it has in the running and walking

Methods

A review is made in the bibliography in the databases of Pubmed, PEDro and Cochrane, filtering the articles published between 2013 and 2019 that were clinical trials or systematic reviews.

Outcomes

In this review, 21 articles were analyzed between clinical trials and systematic reviews, of which 7 of them responded to the main biomechanical alterations of the ankle-foot complex, 7 to the effect of stretching on the DF of the ankle, 9 to the repercussions on walking through an alteration in muscular activation of the triceps surae or stabilizing muscles, 5 to the repercussion of TS alterations in the running, and 4 to the best treatment to increase the DF of the ankle.

Conclusions

The lack of dorsiflexion of the ankle contributes to the increase of the stiffness of the sural triceps and to alterations in the running and gait, such as an early rise of the heel when walking, as well as increasing the possibility of own injury of the muscle. The best treatment for it is stretching by the contract-relax method. The fatigue of soleus and gastrocnemius contributes to the appearance of biomechanical alterations in running and walking as age increases. In the race the importance of muscular strength depends on the speed.

Keywords (Mesh)

Triceps surae, Gastrocnemius, biomechanical phenomena, Ankle, Physical therapy modalities.

1. RESUMO

Introdución

As lesións no tríceps sural son comúns entre deportistas de fondo, e a causa, moitas veces, non se queda no músculo, senón que está relacionada cunha alteración na biomecánica do complexo nocello-pé, máis concretamente da dorsiflexión (DF) de nocello, imprescindible para a carreira e a marcha.

Obxectivo

Analizar se a falta de dorsiflexión de nocello constitúe un factor de risco na incidencia de lesións do tríceps sural, así como o seu tratamento e as implicacións que esta ten na carreira e na marcha.

Material e método

Realízase unha revisión bibliográfica nas bases de datos de Pubmed, PEDro e Cochrane filtrando os artigos publicados entre 2013 e 2019 que foran ensaios clínicos ou revisións sistemáticas.

Resultados

Nesta revisión analizáronse 21 artigos entre ensaios clínicos e revisións sistemáticas dos que 7 deles responden ás principais alteracións biomecánicas do complexo nocello-pé, 7 ao efecto de estiramento sobre a DF de nocello, 9 ás repercusións na marcha por unha alteración na activación muscular do tríceps sural ou a musculatura estabilizadora, 5 á repercusión das alteracións do tríceps sural na carreira, e 4 ao mellor tratamento para aumentar a DF de nocello.

Conclusións

A falta de flexión dorsal de nocello contribúe ao aumento da rixidez do tríceps sural e a alteracións na carreira e a marcha, como unha alza precoz de talón ao camiñar, ademais de aumentar a posibilidade de lesión propia do músculo. O mellor tratamento para a mesma é o estiramento polo método de contracción-relaxación.

A fatiga do sóleo e gastrocnemios contribúe a que aparezan alteracións biomecánicas na carreira e a marcha conforme a idade aumenta. Na carreira a importancia da forza muscular depende da velocidade.

Palabras clave (Mesh)

Triceps sural, Gastrocnemius, biomechanical phenomena, Ankle, Physical therapy modalities.

2. INTRODUCCIÓN

2.1 TIPO DE TRABAJO

En este trabajo se realiza una revisión bibliográfica sobre los efectos de las distintas alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie en la posibilidad de padecer una lesión ascendente, principalmente en la musculatura del Tríceps Sural (TS). Actualmente, en la aparición de lesiones existen una serie de factores de riesgo no modificables y otros modificables. El conocimiento de los modificables permite que con una actuación adecuada, se minimicen las posibilidades de sufrir una lesión. Por este motivo es importante conocer si una lesión típica de los deportistas como por ejemplo una contractura muscular en el tríceps sural puede tener su base causal no solo en la carga de trabajo, que por sí sola no debería producirla, sino por una alteración en las estructuras que se encuentran por debajo, como el tobillo.

2.2 MOTIVACIÓN PERSONAL

La elección del tema nace de la motivación personal. La realización de las prácticas en algún centro deportivo así como el trato con deportistas desde aficionados a profesionales, principalmente con futbolistas y deportistas de fondo, así como la propia experiencia deportiva, puso en evidencia que la mayoría de los deportistas que padecían dolor/ sensación de sobrecarga en el tríceps sural/sóleo, tanto conjunta como aisladamente, presentaban una disminución del grado de flexión dorsal de tobillo, además de, en general, falta de dedicación al estiramiento postejercicio.

Por este motivo, surgieron dudas sobre si la disminución del rango de flexión dorsal de tobillo puede ser un factor de riesgo para el padecimiento de lesiones en el tríceps sural así como otras alteraciones biomecánicas que puedan existir en el complejo tobillo-pie.

3. CONTEXTUALIZACIÓN

3.1 ANTECEDENTES

Conviene conocer la anatomía del complejo tobillo-pie así como la del TS para contextualizar el trabajo.

La articulación del tobillo es la articulación que más carga soporta del cuerpo: 5-7 veces el peso corporal en la fase final del ciclo de la marcha, ya que la superficie de contacto es mucho menor en comparación con la rodilla y la cadera. La rotación del astrágalo dentro de la mortaja es también importante para comprender la biomecánica articular. El pie y sus articulaciones permiten una transmisión progresiva de las cargas desde el retropié al antepié con el mínimo gasto energético. La movilidad de la articulación del tobillo en el plano sagital juega un papel fundamental en la comprensión de la marcha. La tibiotalariana es la articulación más importante de todo el complejo articular del retropié ya que esta articulación tiene las mismas funciones que una con tres grados de libertad, lo que permite orientar la bóveda plantar en todas las direcciones (1).

Biomecánica de la articulación tibioperoneoastragalina

La articulación tibioperoneoastragalina (ATPA) es una articulación de tipo troclear reforzada por un sistema óseo y capsuloligamentoso, para impedir movimientos de varo y valgo del astrágalo dentro de la mortaja tibioperonea.

La ATPA posee un eje de movimiento oblicuo en relación con los planos anatómicos del pie. Para la ejecución del movimiento de flexo-extensión, la posición de referencia es aquella en la que la planta del pie es perpendicular al eje de la pierna. A partir de esta posición, la flexión dorsal o dorsiflexión (DF) se define como el movimiento que aproxima el dorso del pie a la cara anterior de la pierna. Por el contrario, la extensión o flexión plantar (PF) de la articulación tibiotalariana aleja el dorso del pie de la cara anterior de la pierna mientras que el pie tiende a situarse en la prolongación de la pierna. La amplitud de la extensión es mucho mayor que la de la flexión, con un rango normal aproximado de 30 a 50° y de 20 a 30°, respectivamente, y la movilidad total del mismo es de unos 70°. Los estudios de análisis de la marcha muestran que son necesarios como mínimo 10° de flexión dorsal y 20° de flexión plantar para la normal función del tobillo durante la marcha. (1)

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

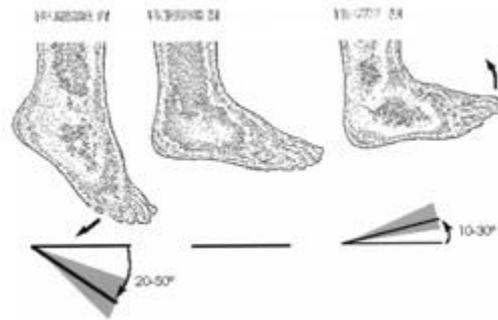


Figura 1 Posición de referencia y movimientos de flexo-extensión del tobillo

Requerimientos funcionales de la articulación tibioperoneoastragalina

Desde el punto de vista mecánico la ATPA y el pie se comportan como una palanca de segundo género durante la marcha. El punto de apoyo está constituido por el apoyo metatarsiano; la resistencia la constituye el peso del cuerpo, que es transmitido por la tibia a través del tobillo; y la fuerza ejercida por el tendón de Aquiles a través de su inserción en el calcáneo, encontrándose en ventaja mecánica, por lo que puede levantar el peso del cuerpo. Destaca la importancia de esta ventaja mecánica ya que cuando la biomecánica del complejo está alterada el grado de ventaja mecánica puede disminuir aumentando la incidencia de lesiones.(2)

Las tres situaciones de base en la marcha, que son la fase de ataque del suelo con el talón, fase de apoyo y fase de abandono del suelo o de impulsión, producen grandes variaciones en la presión intraarticular de la ATPA. Así, al apoyarse el talón, los músculos extensores evitan la caída del antepié. Al apoyar la planta del pie caerá todo el peso corporal sobre ella. Finalmente, al apoyar los dedos del pie, por la diferencia de longitud de los metatarsianos, la presión articular será tres veces mayor que el peso corporal. En este aspecto, cuando la dorsiflexión está limitada aumenta el alza precoz del talón o puede producirse la pronación del mismo como mecanismo compensatorio.(3)

Vemos por lo tanto que en la transmisión de las cargas es de vital importancia tener conservados todos los movimientos articulares, ya que una alteración a este nivel lleva a un cambio en la transmisión de cargas pudiendo llegar a producir lesiones ya que la musculatura trabaja contra fuerzas muy altas durante la marcha gracias a la ventaja mecánica, que se puede ver alterada con estos cambios.(3)

La ATPA no actúa sola en los movimientos del complejo tobillo-pie sino que requiere para su perfecta armonía de la articulación subastragalina y el resto de articulaciones del antepié.

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

Biomecánica de la articulación subastragalina

Este complejo articular se mueve alrededor del eje de Henke. Relacionando ambas articulaciones, la ATPA y la subastragalina; destaca que sus ejes de giro, además de direcciones diferentes, también se encuentran en planos diferentes, motivo por el cual, el movimiento de una articulación siempre va a estar provocando un movimiento de la otra.(1)

En cuanto a los requerimientos funcionales de esta articulación, vemos que es más amplia la inversión que la eversión. El astrágalo se apoya sobre el calcáneo formando una articulación bastante plana, sin gran movimiento. Esta articulación subastragalina es fuente de conflictos ya que soporta la transmisión de fuerzas del peso corporal y rige movimientos finos de estabilidad del pie, en el plano frontal, lo que la hace vital para las adaptaciones de la marcha al terreno, y así evitar lesiones comunes como los esguinces. (4)

Biomecánica de las articulaciones peroneotibiales.

Estas articulaciones están mecánicamente comprometidas con la tibiotarsiana por lo que debemos tenerlas en cuenta a la hora de analizar la biomecánica del tobillo. La forma de la polea astragalina hace que tenga una anchura menor por detrás que por delante. Para mantener las carillas de la polea lo más próximas entre sí, debe variar la separación intramaleolar, mayor en la flexión plantar y menor en la dorsal. La inestabilidad de esta articulación así como la del tobillo será muy común tras un esguince lo que producirá alteraciones en la propiocepción, el control neuromuscular y postural.(2)

Estabilidad del tobillo

La estabilidad de la ATPA se mantendrá básicamente por la configuración de las carillas articulares, el sistema ligamentario y por la cápsula. Todas estas estructuras actuarán en mayor o menor medida en función de cada una de las posiciones que adopte la articulación, pero siempre actuarán unas sobre otras, el movimiento nunca va a ser aislado de un grupo ligamentario, una carilla o la cápsula. Además la estabilidad está favorecida por la acción de la gravedad, la pinza bimalleolar y la acción de la musculatura estabilizadora donde cobra un papel muy importante el tibial anterior y la musculatura peronea.(5)

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

Respecto a la vertiente muscular nos vamos a centrar en la musculatura del tríceps sural, es decir, sóleo, gastrocnemio (GAS) y plantar; y la musculatura del tibial anterior (TA) y posterior.

Gastrocnemio: Está formado por dos vientres musculares que se insertan en la superficie posterior de un tendón membranoso ancho que se fusiona con el tendón del músculo sóleo para formar la porción superior del tendón de Aquiles. Este se va estrechando gradualmente hasta formar un cordón que pasa por el calcáneo donde se vuelve a ensanchar hasta insertarse en la superficie posterior del calcáneo.

Junto con el sóleo es el principal flexor plantar del tobillo y además, al ser biarticular también interviene en la flexión de rodilla. Gracias a su gran brazo de palanca de potencia, biomecánicamente se comporta como una palanca de segundo género, motivo por el cual es uno de los músculos más potentes del cuerpo.(6,7)

Sóleo: Se sitúa a nivel profundo del gastrocnemio, es un músculo plano y ancho, que se va estrechando de proximal a distal. Distalmente, se fusiona con los GAS para formar el tendón de Aquiles. Es el que se encarga de mantener la postura en mayor medida que los GAS y además, su contracción intermitente cuando estamos de pie favorece el retorno venoso.(6)

La contractura de tanto sóleos como GAS está asociada a una gran cantidad de patologías relacionadas con el complejo tobillo-pie(8).

Plantar: Es un músculo delgado con escasa participación en la flexión plantar.

Respecto a la musculatura que participa en la DF de tobillo nos centraremos en el tibial anterior (TA): Cuando actúa con el tibial posterior opera como inversor. Además actúa como estabilizador del cuerpo sobre el pie. Destaca también su labor a la hora de controlar el movimiento durante la marcha ya que tras el primer apoyo del talón será el tibial anterior el que controlará excéntricamente la caída del medio y antepié así como su orientación.(5)

3.2 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

La frecuente recurrencia en las lesiones de tríceps sural, sobre todo entre atletas y la falta de visión periférica a la hora de buscar un factor causal más allá de una propia lesión muscular hacen necesario revisar en la bibliografía acerca de los posibles factores causales así como su posible tratamiento. Además de que en muchas ocasiones nos encontramos con no solo un factor causal sino una serie de agravantes

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

estructurales y/o funcionales en el complejo tobillo-pie que hacen imprescindible tener un conocimiento exhaustivo sobre la actualidad de este tipo de lesiones y sus causas, de ahí la razón de esta revisión bibliográfica.

4. OBJETIVOS

4.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Qué efecto tienen las alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie, en concreto la falta de DF de tobillo, sobre la incidencia de lesiones musculares ascendentes?

4.2 OBJETIVOS

4.2.1 General

El objetivo principal de esta revisión es analizar si la falta de DF de tobillo ligada a una alteración biomecánica del complejo tobillo/pie constituye un factor de riesgo en la incidencia de lesiones del tríceps sural así como conocer el protocolo de tratamiento con mayor grado de evidencia para una lesión de este tipo cuando la flexión dorsal está limitada.

4.2.2 Específicos

- Conocer las principales alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie.
- Conocer las repercusiones en la marcha por una alteración en activación muscular del tríceps sural o la musculatura estabilizadora.
- Conocer la repercusión de las alteraciones del tríceps sural en la carrera.
- Conocer el efecto del estiramiento muscular en la DF de tobillo.
- Encontrar el mejor tratamiento, basado en la evidencia, para aumentar la DF.

5. METODOLOGÍA

5.1 FECHA Y BASES DE DATOS

Con el objetivo de encontrar información sobre el tema de estudio descrito anteriormente, se realiza una búsqueda bibliográfica en las principales bases de datos del ámbito sanitario, escogiendo Pubmed (National Library of Medicine, Estados

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

Unidos), PEDro y Cochrane. La búsqueda se realiza entre los meses de diciembre y enero de 2018 y 2019.

5.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN

Criterios de inclusión

- Estudios publicados en lengua española o inglesa publicados entre los años 2013 y 2019.(9)
- Estudios realizados en seres humanos
- Deben estar relacionados con la temática del estudio
- Los artículos deben ser ensayos clínicos o revisiones sistemáticas.

Criterios de exclusión

- Artículos duplicados
- Revisiones o estudios no completados o mal documentados
- Pacientes quirúrgicos
- Pacientes con afectación del SNC (PCI)

5.3 ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA

La búsqueda de estudios se realizó en las bases de datos de Medline, como Pubmed como base de datos biomédica y PEDro que ofrece ensayos clínicos, revisiones sistemáticas y guías de práctica clínica de fisioterapia. Además se realizó una búsqueda en la base de datos de Cochrane para comprobar que no existen revisiones recientes que respondan a la pregunta de estudio.

En Pubmed utilizamos los términos “Fisioterapia”, “Tobillo”, “Biomecánica”, “Tríceps Sural” y “Gastrocnemios” ya que ambos nombres figuran indistintamente en diversos artículos. En la base de datos de Mesh no figuran los términos Tríceps Sural o Gastrocnemios, por lo que recurrimos al Término situado por encima de estos, denominado “Muscle, Skeletal”. Todos los términos utilizados en Mesh fueron traducidos al inglés y utilizados los sinónimos de dichos términos, además de realizar la búsqueda avanzada con dichos términos.

Como límites para la selección de artículos, se filtraron los resultados a aquellos artículos publicados en los últimos 5 años, y realizados en humanos.

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

Tabla 1: Traducción de términos naturales a términos Mesh

Términos Castellano	Fisioterapia	Tobillo	Tríceps Sural/Gastrocnemios	Biomecánica
Términos Inglés	Physiotherapy	Ankle	Gastrocnemius Triceps Surae	Biomechanics
Términos Mesh	Physical Therapy Modalities Physical Therapy Speciality Postoperative Care	Ankle Joint Ankle Lateral Ligament, Ankle Fractures Ankle Injuries	Muscle Skeletal	Biomachanical Phenomena Shear Strength Tensile strength Stress, Mechanical

En la base de datos de Pubmed, de la cual se extrajeron la mayoría de los artículos, se utilizaron dos ecuaciones de búsqueda, una con los distintos términos clave referidos a la fisioterapia y otra sin estos términos ya que aunque nuestra búsqueda trata de encontrar soluciones en base a la fisioterapia, la razón por la cual esas estructuras están alteradas no responden tanto a una búsqueda con estos términos.

(((((("Biomechanical Phenomena"[Mesh]) OR ("Shear Strength"[Mesh] OR "Tensile Strength"[Mesh] OR "Stress, Mechanical"[Mesh])) AND "last 5 years"[PDat])) AND ((("Muscle, Skeletal"[Mesh] AND (Triceps surae [tiab] OR Gastrocnemius [tiab])) AND "last 5 years"[PDat])) AND "last 5 years"[PDat])) AND ((("Ankle Joint"[Mesh] OR "Ankle"[Mesh] OR "Ankle Fractures"[Mesh] OR "Ankle Injuries"[Mesh] OR "Lateral Ligament, Ankle"[Mesh]) AND "last 5 years"[PDat]).

Sin utilizar el concepto fisioterapia nos encontramos con 107 resultados.

(((((((((("Biomechanical Phenomena"[Mesh]) OR ("Shear Strength"[Mesh] OR "Tensile Strength"[Mesh] OR "Stress, Mechanical"[Mesh])) AND "last 5 years"[PDat])) AND ((("Muscle, Skeletal"[Mesh] AND (Triceps surae [tiab] OR Gastrocnemius [tiab])) AND "last 5 years"[PDat])) AND "last 5 years"[PDat])) AND ((("Ankle Joint"[Mesh] OR "Ankle"[Mesh] OR "Ankle Fractures"[Mesh] OR "Ankle Injuries"[Mesh] OR "Lateral Ligament, Ankle"[Mesh]) AND "last 5 years"[PDat])) AND "last 5 years"[PDat])) AND (((("Postoperative Care"[Mesh]) OR "Physical

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

Therapy Modalities"[Mesh]) OR "Physical Therapy Specialty"[Mesh]) OR "Physical Therapist Assistants"[Mesh]) AND "last 5 years"[PDat]).

Utilizando el concepto Fisioterapia nos encontramos con 16 Resultados de los cuales sólo seleccionamos 6 resultados por estar relacionados íntimamente con el tema de estudio y porque muchos de los otros ya los habíamos seleccionado en la búsqueda sin el término fisioterapia. Por lo tanto nos encontramos con 113 artículos.

Destacamos en éstas búsquedas un cribado importante debido a que uno de los criterios de exclusión era que los pacientes no podían tener afectación del SNC, y muchos de ellos hacían referencia a la Parálisis Cerebral infantil.

En la base de datos de PEDro se utilizaron los términos “gastrocnemius” y “tríceps surae” al realizar la búsqueda avanzada, cribando a los artículos publicados en los últimos 5 años y, tras revisar los artículos, no encontramos ninguno nuevo que introducir ya que todos los que se relacionaban con la temática del estudio y pasaban los criterios de inclusión y exclusión ya estaban previamente seleccionados en la búsqueda realizada en Pubmed.

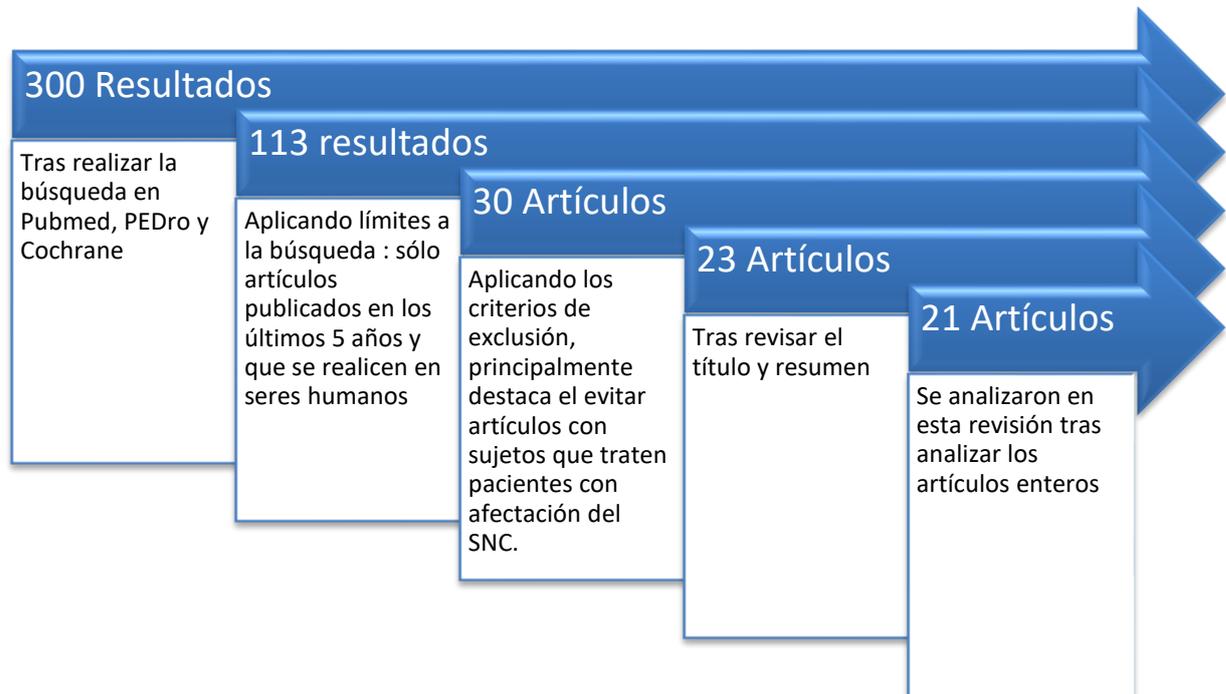
Una vez realizada la búsqueda en las distintas bases de datos y realizado el cribado en base a los criterios de inclusión y exclusión, nos quedamos con 20 artículos para realizar el análisis. El cribado se realizó de forma manual.

5.4 GESTIÓN DE LA BIBLIOGRAFÍA LOCALIZADA

Para gestionar las referencias bibliográficas utilizamos el programa Zotero, muy útil para gestionarlas y utilizarlas a la hora de evitar duplicados y referenciar las citas. Todos los artículos seleccionados fueron incorporándose a este programa para poder realizar el referenciado del trabajo.

5.5 SELECCIÓN DE ARTÍCULOS

Tabla 2: Selección de artículos



5.6 VARIABLES DE ESTUDIO

Fisioterapia: La Fisioterapia es la ciencia y el arte del tratamiento físico; es decir, el conjunto de métodos, actuaciones y técnicas que, mediante la aplicación de medios físicos, curan y previenen las enfermedades, promueven la salud, recuperan, habilitan, rehabilitan y readaptan a las personas afectadas de disfunciones psicofísicas o a las que se desea mantener en un nivel adecuado de salud (Consejo general de colegios de Fisioterapia).

Tobillo: Articulación formada por la cara articular inferior y maleolar de la tibia la cara articular inferior del peroné y las caras articulares superiores del astrágalo (Pubmed 1965).

Biomecánica: Las propiedades, procesos y comportamiento de los sistemas biológicos por la acción de fuerzas mecánicas (Pubmed 1968).

GAS/TS: Un subtipo de musculatura estriada unida por los tendones al esqueleto. Estos músculos poseen inervación nerviosa y su contracción es voluntaria (Pubmed 1995). Se encuentran en la cara posterior de la pierna y confluyen en el tendón de Aquiles. Los GAS son músculos biarticulares mientras que el sóleo es monoarticular.

5.7 NIVELES DE EVIDENCIA

Para la realización del análisis de los artículos seleccionados se les aplicó a todos ellos la escala SIGN a fin de organizarlos por contenido y sobre todo por nivel de evidencia. Los niveles de evidencia de cada uno de los artículos se encuentran en los anexos del trabajo en cada una de las fichas de los artículos.

5.8 GRADOS DE RECOMENDACIÓN

Se utilizó la escala PEDro para los grados de recomendación de los artículos y se encuentran en las fichas de los artículos en anexos.

6. RESULTADOS

En esta revisión se incluyen 20 artículos, analizados en base a la escala SIGN y clasificados en función de los objetivos del estudio. Estos artículos, en su mayoría corresponden a ensayos clínicos y estudios experimentales, que se encuentran, salvo escasas excepciones (10,11), en una escala SIGN de entre 2+(5-7,12-16) y 2++(2-4,17-21). También encontramos dos revisiones sistemáticas(8,22).

Los estudios experimentales se clasifican como tales por la existencia de un factor de estudio asignado por el equipo de investigación; de acuerdo con el concepto general de experimentación, el investigador pretende manipular una variable para observar el resultado sobre otra variable en el futuro, se trata por tanto de estudios prospectivos o hacia el futuro. Se puede diferenciar entre dos tipos de diseños experimentales: los ensayos clínicos controlados y los no controlados. El diseño metodológico se clasifica en función de los criterios metodológicos estándar para cada tipo de estudio.

Los ensayos clínicos controlados se emplean para establecer si una hipótesis es válida cuando existe una relación entre dos o más variables. Para ello se forman dos grupos de sujetos, con la mayor similitud posible: un grupo experimental y otro control. La validez de estos estudios aumenta con: la asignación aleatoria de cada individuo al grupo experimental o al grupo control; el cruzamiento de los grupos, de tal modo que el experimental pasa a ser control y viceversa; y con el desconocimiento por parte del sujeto del grupo al que pertenece (simple ciego) o el desconocimiento por parte del sujetos y el examinador (doble ciego). La dificultad técnica o ética para formar un grupo control hace necesario el diseño de estudios en los que no existan sujetos

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pié y su incidencia en la carrera y la marcha

testigo que no reciban ninguna intervención, a estos estudios se les denomina estudios no controlados.

6.1 CONOCER LAS PRINCIPALES ALTERACIONES BIOMECÁNICAS DEL COMPLEJO TOBILLO-PIÉ:

En cuanto a las alteraciones biomecánicas del complejo tobillo pié nos encontramos que Baumbach (20), concluye que para aislar la DF de tobillo son necesarios al menos 20 grados de flexión de rodilla, lo que tiene especial relevancia en la biomecánica del complejo tobillo pié. Destaca además que éste es el límite en el que comienza a cobrar relevancia la tensión del TS, es decir, a menos grados la DF no es completa por la tensión del TS.

Si analizamos biomecánicamente la marcha tras un protocolo de fatiga, Hunt y Hatfield (21) vieron que la edad es un factor determinante para la aparición de alteraciones en la marcha, en torno a los 35 años, mientras que en gente joven apenas se aprecian diferencias. Éstas, entre otras, son una menor PF y una mayor flexión de rodilla. En relación al sexo, Faria (13), concluye que los hombres tienen valores de rigidez más altos que las mujeres tras un protocolo de fatiga, a pesar de que en la fase postejercicio las diferencias entre sexos fueron mínimas, y en términos relativos la fatiga afecta por igual a ambos grupos si bien es cierto que las mujeres presentaron mayor resistencia a la fatiga.

En relación a la estabilidad lateral, Rosen (5) concluye que las personas con FAI (inestabilidad funcional de tobillo) pueden tener más riesgo de lesión ya que la actividad de TA y peroneo largo está disminuida antes de aterrizar desde alturas desconocidas tras un salto, algo muy común en muchos deportes. Sin embargo en personas sin FAI, la capacidad de la musculatura para estabilizar dinámicamente el tobillo durante movimientos funcionales es enorme.

Lenhart (6) investigó el efecto de la estimulación eléctrica en GAS y sóleo durante las distintas fases de la marcha para conocer su implicación en la marcha y concluyó que ambos muestran roles distintos durante la misma, los GAS intervienen en la fase de flexión de cadera, rodilla y DF mientras que el sóleo participa más en la PF y en la fase de extensión de rodilla.

Warnica (12) analizó el nivel de balanceo producido cuando estamos en estático a distintos grados de activación de la musculatura que rodea al tobillo, de los que se controlaba electromiográficamente solo el TA y GAS. Se les pedía que estando en estático aumentaran el grado de activación de toda la musculatura de la pierna, primero 10%,20%,30% y 40%. Se comprobó que a mayor nivel de activación el balanceo es mayor y hay mayores fuerzas de reacción del suelo. También se

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

analizaba sin activación muscular a través de una órtesis específica y se vio que este balanceo disminuía.

Para conocer la implicación biomecánica del GAS medial en los movimientos de inversión y eversión, Vieira (4) concluye que existe una poca relación ya que tras estimular eléctricamente el GAS medial, algunos sujetos del estudio mostraban una lineabilidad, es decir, a mayor intensidad del estímulo, aumentaban el movimiento de PF (siempre más o menos 9 veces más que el otro movimiento) y de inversión. Sin embargo algunos sujetos no presentaban esta lineabilidad, aislando más la estimulación a la PF aunque también con implicación de la inversión, lo que sugiere que el gastrocnemio medial interviene en la estabilización lateral.

6.2 CONOCER EL EFECTO DEL ESTIRAMIENTO SOBRE LA DF DEL COMPLEJO TOBILLO-PIE:

Para conocer los efectos del estiramiento sobre la DF del complejo tobillo-pie, comentamos los ensayos clínicos analizados de mayor a menor evidencia. Baumbach (20), en su estudio concluye que, tras analizar la DF de tobillo a distintos grados de flexión de rodilla, son necesarios como mínimo 20 grados de flexión de rodilla para lograr la máxima DF de tobillo del individuo, a partir de estos grados no se encuentran mejores valores. A esta conclusión llegaron aplicando esa DF en carga y en descarga y a través de goniometría medían los grados alcanzados. Abdulmassih (8) en su revisión sistemática, analiza una serie de artículos en relación a la contractura de gemelos y sóleo, así como su posible abordaje quirúrgico y no quirúrgico. Concluye, que la contractura de tríceps sural está asociada a gran cantidad de patologías relacionadas con el complejo tobillo-pie. La diferencia entre la contractura de gemelos y de gemelos y sóleo es crucial así como otras alteraciones que pueden alterar el complejo tobillo pie como un impingement. Se ha obtenido poco éxito con el uso de técnicas no quirúrgicas en relación a las condiciones del pie y el tobillo, aunque la evidencia es limitada. En pacientes con contractura aislada de GAS, el estiramiento está indicado y el estiramiento del tendón en aquellas contracturas combinadas. Para aislar la función del sóleo respecto a los GAS son necesarios al menos 15 grados de flexión de rodilla.

Entrando ya en los artículos que recurrieron al estiramiento como medio para aumentar la DF de tobillo, vemos que Kang (19), a fin de aumentar la DF propone una sesión de estiramientos estáticos de 30 segundos con 10 repeticiones a ambos grupos, estudio y control, mientras que al grupo estudio además se le hacía una movilización talocrural. Tras las mediciones de la DF se observó que ambos grupos mejoraron su DF en grados variables pero además aquellos que recibieron la

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

movilización, mejoraron en el tiempo de alza del talón al caminar, es decir, una DF mejorada favorecía que no hubiera un alza precoz. Kay (17) ya se centra en comparar distintos tipos de estiramientos y comprobar cuál de ellos es el más eficiente para aumentar la DF. Tras un período de calentamiento común el grupo de estudio se dividía y unos realizaban un estiramiento estático (15 segundos de estiramiento/15 segundos de descanso) con una vuelta lenta para producir el reflejo miotático inverso, unos realizaban isométricos en posición anatómica (10 segundos de contracción isométrica /5 segundos de reposo) y otros contracción relajación (10 segundos de estiramiento /5 segundos de isométrico y 15 segundos de reposo en 3 ciclos). Estos estiramientos se realizaban a diario y se midió el grado de DF para observar variaciones. A la vista de los resultados se concluyó que el tipo de estiramiento de contracción relajación es el que mejores resultados obtuvo en la DF y la rigidez muscular y mayor evidencia de mejora. Blazevic(16) realiza un análisis de los efectos del estiramiento estático para aumentar el rango de movimiento en base a las adaptaciones viscoelásticas de los músculos, en concreto de DF. Se realizaban 2 sesiones al día de estiramientos y se vio que tras un periodo de 3 semanas el grupo estudio había mejorado la DF de tobillo un 19.9 % mientras que el grupo control seguía prácticamente igual. Akagi y Takahashi (15), analiza el efecto del estiramiento estático sobre un plano inclinado para conseguir un aumento del ROM, una disminución de la rigidez de la unión miotendinosa de flexores plantares y GAS. Para ello realizaban 3 series de 2' de estiramiento y 1' de descanso. Finalmente se comprobó una mejora en la DF y el grado de rigidez.

Debenham (10) analiza cómo la carga excéntrica repercute en el comportamiento del ciclo acortamiento-estiramiento de los flexores plantares. Tras un programa excéntrico de 5 series de 15 segundos de PF de tobillo con 45 segundos de reposo, realizado en un aparato concreto, medían el grado de DF además de la actividad EMG de sóleos y TA. Tras este programa concluyeron que la carga excéntrica repercute positivamente en la DF y la rigidez de la musculatura de la pierna.

6.3 CONOCER LAS REPERCUSIONES EN LA MARCHA POR UNA ALTERACIÓN EN ACTIVACIÓN MUSCULAR DEL TRÍCEPS SURAL O LA MUSCULATURA ESTABILIZADORA:

Atendiendo al tercer objetivo, en el que se trata de conocer las repercusiones en la marcha por una alteración en la activación muscular del tríceps sural o la musculatura estabilizadora encontramos coincidencias con ciertos artículos analizados ya que éstos no siempre se centraban en una única variable.

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

Hunt y Hatfield (21) concluyen que, tras un protocolo de fatiga, la marcha sufre ligeras alteraciones entre la gente más mayor del estudio, en torno a los 35 años, mientras que en gente joven apenas se aprecian diferencias. Éstas, entre otras, son una menor PF y una mayor flexión de rodilla. Kang(19) a fin de estudiar principalmente la DF de tobillo, analizó también las repercusiones que tenía esta falta en la marcha, observándose que en el grupo de estudio de este ensayo clínico, que realizaban una sesión de estiramientos y además una movilización talocrural, se conseguía mejorar el tiempo de alza del talón al caminar, es decir, una DF mejorada favorecía que no hubiera un alza precoz del talón.

Wu y sus colaboradores(3) realizaron un estudio en el que se les pedía a los sujetos que caminaran a dos cadencias distintas marcadas por un metrónomo (100 y 140 pasos/minuto), la diferencia entre el grupo estudio y el grupo control radicaba en que el estudio tenía inflexibilidad de GAS y el otro no. Se comprobó que el grupo investigación tenía además, mayor rotación externa de rodilla en marcha y mayor velocidad en la progresión de cargas de retropié a antepié. Koshino y sus colaboradores (4) realizaron un análisis de distintas tareas relacionadas con la marcha en sujetos con inestabilidad crónica de tobillo como grupo experimental y otros sin ella como grupo control. Se les pedían 3 tareas: Caminar, Normalmente mirando al frente y a su velocidad normal; Girar mientras se camina en una dirección: con un giro de 45 grados; y Realizar un salto diagonal de 45 grados: saltaban hacia adelante y después con una pierna realizaban un salto diagonal de 45 grados. En la tarea de salto diagonal se vio que el grupo experimental tenía mayor grado de flexión de cadera que el grupo control. Además en el cambio de dirección se vio que la activación muscular del gastrocnemio medial era mayor en el grupo experimental, probablemente como mecanismo de protección. El principal descubrimiento es que los que tienen inestabilidad de tobillo presentan patrones cinemáticos de cadera (en el movimiento de flexión) y tobillo (especialmente en el movimiento de inversión) alterados en el movimiento de salto lateral.

Rosen(5) concluye que la habilidad de la musculatura para estabilizar dinámicamente el tobillo durante movimientos funcionales es enorme. Sujetos con inestabilidad funcional de tobillo no aumentaban la estabilidad dinámica en relación a las demandas funcionales. La activación disminuida de TA y peroneo largo antes de aterrizar desde alturas desconocidas es importante para las aplicaciones clínicas porque podría colocar a personas con FAI (inestabilidad funcional de tobillo) en riesgo de lesión durante actividades atléticas.

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

Francis y sus colaboradores(12) analizaron las fuerzas de reacción del suelo producidas durante la marcha y la influencia de la estimulación eléctrica del gastrocnemio medial y el sóleo en estas fuerzas de reacción a fin de conocer sus implicaciones en la marcha. Para ello se les pedía a los sujetos caminar durante 90 segundos sin estimulación y luego 8 intentos en los que la estimulación se podía producir en cualquier momento de la marcha. Se concluye en este trabajo que tanto el gastrocnemio medial como el sóleo realizan funciones biomecánicas distintas si bien es cierto que ambos colaboran en la estabilidad y el traslado del centro de gravedad. Lenhart(6) también investiga el efecto de la estimulación eléctrica en GAS y sóleo durante las distintas fases de la marcha, concluyendo que ambos muestran roles distintos durante la misma, los GAS intervienen en la fase de flexión de cadera, rodilla y DF mientras que el sóleo participa más en la PF y en la fase de extensión de rodilla. Warnica(12) analizó el nivel de balanceo producido cuando estamos en estático a distintos grados de activación de la musculatura que rodea al tobillo, de los que se controlaba electromiográficamente solo el TA y GAS. Se les pedía que estando en estático aumentaran el grado de activación de toda la musculatura de la pierna, primero 10%,20%,30% y 40%. Se comprobó que a mayor nivel de activación el balanceo es mayor y hay mayores fuerzas de reacción del suelo. También se analizaba sin activación muscular a través de una órtesis específica y se vio que este balanceo disminuía. Scohier(11) realizó un análisis de la carrera utilizando un exoesqueleto del miembro inferior y además, durante la carrera el estudio estimulaba el TS de los sujetos para observar las alteraciones en busca de patrones reflejos de estiramiento. Concluye que el reflejo de estiramiento no puede ser provocado durante la fase de balanceo de la carrera y por lo tanto no tiene un rol funcional en este aspecto. Sin embargo un reflejo de estiramiento tardío aparece en la última fase del balanceo, lo que sugiere que puede regular el patrón motor en el momento en el que el pie toca el suelo durante la carrera.

6.4 CONOCER LA REPERCUSIÓN DE LAS ALTERACIONES DEL TS EN LA CARRERA:

El cuarto objetivo al que tratamos de dar respuesta es la repercusión de las alteraciones del tríceps sural en la carrera, donde encontramos pocos artículos que estuvieran estrechamente relacionados con la carrera ya que el análisis de resultados de un paciente mientras corre a nivel local no es sencillo de llevar a cabo, pero si refiriéndonos concretamente a la fatiga del tríceps sural a través del ejercicio. Schache(22), en su artículo, concluye que, refiriéndonos al tríceps sural, su mayor implicación se produce a velocidades bajas, donde la fase de apoyo tiene más tiempo

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

y lo importante es la fuerza con la que nos impulsamos, mientras que a velocidades altas esta implicación es menor ya que la fase de apoyo es mínima. Paris-García y sus colaboradores(18) analizaron artículos en los que se desarrollaron muchos procedimientos para la evaluación de la rigidez del tendón de Aquiles y la rigidez por unidad de carga del sóleo. Los resultados de este trabajo se han comparado con otros en la literatura y finalmente los datos de la rigidez del tendón de Aquiles fueron similares a los de otros artículos. Además, se vio que existen numerosas diferencias en la rigidez entre ambos grupos musculares en relación al tendón de Aquiles, si bien es cierto que el sóleo es más propenso a la rigidez en sujetos entrenados.

Lai y sus colaboradores(14) sin embargo, cuantificaron las interacciones mecánicas entre el músculo y el tendón de los flexores plantares a distintas velocidades desde trote a sprint. Encontraron que la energía elástica del tendón contribuía más que el trabajo de la fibra muscular a medida que la velocidad aumentaba. Este aumento en la utilización de la energía elástica del tendón a medida que aumentaba la velocidad está facilitado por un aumento en los niveles de activación muscular y un comportamiento del músculo relativamente isométrico. Se cree que este comportamiento elástico del tendón y su capacidad para absorber y devolver energía es la clave para el aumento de la velocidad en el corredor. Faria(13), concluye que los hombres tienen valores de rigidez más altos que las mujeres, a pesar de que en la fase postejercicio las diferencias entre sexos fueron mínimas, y en términos relativos la fatiga afecta por igual a ambos grupos si bien es cierto que las mujeres presentaron mayor resistencia a la fatiga.

Por último, Scohier(11) analizó electromiográficamente la actividad del tríceps sural tras un reflejo de estiramiento externamente provocado durante la carrera, y los resultados sugieren que el reflejo de estiramiento de corta y media latencia no puede ser producido durante la fase de balanceo de la carrera por lo que no tiene un rol funcional en este aspecto. Sin embargo, el reflejo de larga latencia aparece en la última fase del balanceo y esto podría regular, probablemente a través de la vía supraespinal, el patrón locomotor en el momento que el pie toca el suelo durante la carrera.

6.5 ENCONTRAR EL MEJOR TRATAMIENTO, BASADO EN LA EVIDENCIA, PARA AUMENTAR LA DF:

Por último, el quinto objetivo de este trabajo es encontrar el mejor tratamiento, basado en la evidencia, para aumentar la DF de tobillo, encontrando una serie de artículos como, Vieira(4) que concluye que, tras realizar una electroestimulación del gastrocnemio medial con el objetivo de ver su implicación en el movimiento de

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

inversión y eversión, existe una relación poco concluyente ya que algunos sujetos del estudio mostraban una lineabilidad, es decir, a mayor intensidad del estímulo, aumentaban el movimiento de PF (siempre más o menos 9 veces más que el otro movimiento) y de inversión. Sin embargo algunos sujetos no presentaban esta lineabilidad, aislando más la estimulación a la PF aunque también con implicación de la inversión, lo que sugiere que el gastrocnemio medial interviene en la estabilización lateral. Concretamente relacionado con el objetivo al que tratamos de dar respuesta, Kay(17) escribió un artículo donde concluye que el mejor tratamiento para aumentar el ROM en concreto la DF de tobillo consiste en estiramientos por un método de contracción relajación, se vio que, de 3 tipos de estiramiento postesfuerzo como son: un estiramiento estático mantenido en el tiempo, unas contracciones isométricas y un ciclo de contracción relajación durante un estiramiento; el más efectivo era este último que consistía en, tras un periodo de calentamiento, realizar: 10 segundos de estiramiento pasivo, 5 segundos de contracción isométrica tras los que se llegaba a una nueva barrera elástica, 15 segundos de descanso y repetir todo el proceso 3 veces.

En una línea similar trabajó Blazeovich(16) que, tratando de conocer las adaptaciones viscoelásticas que se producen tras un programa de estiramiento concluyó que, tras someter a 22 sujetos a un programa de estiramiento estático diario dos veces al día durante 3 semanas, la resistencia al estiramiento es el factor más influyente para aumentar el ROM, más que cualquier otro factor musculotendinoso. Alkagi y Takahashi (15) también analizaron el efecto del estiramiento estático sobre un plano inclinado para conseguir un aumento del ROM y una disminución de la rigidez de la unión miotendinosa de flexores plantares y GAS. Para ello realizaban 3 sesiones de 2 minutos de estiramiento y 1 minuto de descanso. Finalmente se comprobó una mejora en la DF y el grado de rigidez.

Tabla 3: Características de los estudios incluidos en esta revisión

Autor, año	Tipo de estudio	objetivo	variable	Tarea	conclusiones
Baumbach et al, 2014	EC	Conocer los grados de flexión de rodilla necesarios para eliminar el efecto de los GAS en la DF	Grados de flexión de rodilla	Medir el grado de DF a 20, 30, 45, 60, y 70 grados de Flexión de rodilla	Son necesarios 20 grados de Flexión de rodilla para anular a los GAS
Abdulmassih, 2013	RS	Conocer las causas así como posibles tratamientos para la DF provocadas por la contractura de TS o sóleo		Revisar en la bibliografía el abordaje actual de las contracturas con su posible tratamiento.	Para el tratamiento de las contracturas el estiramiento es de gran utilidad
Kang et al, 2015	ECCA	Conocer si una movilización talocrural mejora la DF	Grados de DF antes y después de la intervención	Un grupo sólo realizaba estiramiento y el grupo estudio además realizaba la movilización talocrural	Los dos métodos mejoran la DF pero la movilización además mejora el tiempo de alza del talón
Kay et al, 2015	EC	Conocer el tipo de estiramiento más apropiado para	DF que se medía a diario, EMG de GAS, sóleo y TA. Y con US el	Realizar estiramientos tipo: Estático, isométrico, Contracción-Relajación	El método de contracción relajación es el más eficaz para aumentar el ROM y el

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

		mejorar la DF	grado de contracción muscular		grado de rigidez
Blazevic et al, 2014	ECCA	Conocer las adaptaciones viscoelásticas que se producen tras un programa de estiramiento	DF y PF tras un calentamiento y ejercicio isométrico de flexores plantares	2 estiramientos estáticos de 30" estiramiento y 15" descanso 2 veces al día	La DF aumentó un 19,9% más en el grupo estudio que en el control
Akagi y Takahashi, 2013	ECA	Conocer el efecto del estiramiento estático en la rigidez de los GAS	DF pasiva, dureza GAS y rigidez de MTU (unión miotendinosa) de flexores plantares	3 ciclos de 2' de estiramiento con 1' de descanso entre series en un plano inclinado	Mejóro el ROM y bajó la rigidez de la MTU de GAS y flexores plantares.
Debenham et al, 2017	ECA	Analizar cómo la carga excéntrica influye en el ciclo acortamiento-estiramiento de los flexores plantares	DF en el plano sagital. EMG (electromiografía) de sóleo y TA	5 series de 15" de PF seguido de 45" de descanso	La carga excéntrica produce resultados positivos en la DF, rigidez de la musculatura de la pierna y su actividad.
Hunt y Hatfield, 2017	ECC	Observar el efecto de la fatiga en la marcha	Edad de los sujetos, EMG en cuádriceps y GAS. En la marcha se analizaba la velocidad, la	Protocolo de fatiga: 3 contracciones de 3" máximas isométricas de flexo-extensión de rodilla y de PF, después 60	Los cambios se producían más en gente mayor (35años) que gente joven. Los cambios fueron: menos PF y mayor flexión de rodilla.

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

			cadencia de paso y el ROM	contracciones de PF. Después se analizaba la marcha.	
Wu et al, 2014	ECC	Conocer las repercusiones en la marcha de la inflexibilidad de GAS	Inflexibilidad de GAS (cuando la DF <10°) o no (grupo estudio y grupo control). DF a 90° rodilla.	Se pedía a los sujetos que caminaran a dos cadencias distintas (100 y 140 pasos/minuto.)	Los que tienen inflexibilidad de GAS tienen mayor rotación externa de rodilla en marcha y mayor velocidad en la progresión de cargas de retropié a antepié.
Koshino et al, 2016	EC	Observar las diferentes alteraciones funcionales que sufren los sujetos con inestabilidad crónica de tobillo	EMG, Rangos articulares en los distintos movimientos.	Caminar Girar mientras se camina en una dirección. Realizar un salto diagonal de 45 grados. Después se pedía una máxima contracción isométrica de 5"	Solo se observaron diferencias en el salto diagonal: el grupo experimental tenía mayor flexión de cadera y mayor activación del Gastrocnemio medial.
Francis et al, 2013	ECC	Conocer el grado de implicación de sóleos y GAS en el ciclo de la marcha a través de una estimulación eléctrica.	Fuerzas de reacción del suelo Grado de activación de la musculatura	Caminar durante 90" durante los cuales se producían 11 estimulaciones en el GAS medial.	La estimulación produce cambios en las fuerzas de reacción del suelo y Sóleo y GAS medial realizan funciones biomecánicas distintas.

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

Lenhart et al, 2014	EC	Investigar el efecto de la estimulación eléctrica de GAS medial y sóleos en las distintas fases de la marcha	Análisis 3D de la marcha. EMG	Caminar durante 90" durante los cuales se producían 10 estimulaciones en el GAS medial.	Sóleos y GAS medial tienen roles distintos durante las fases de la marcha.
Warnica et al, 2014	ECC	Conocer la influencia de la musculatura estabilizadora de la pierna en el mantenimiento del centro de gravedad en estático	EMG de TA y GAS. Centro de gravedad y de presiones.	Pedir un aumento de la actividad de la musculatura estabilizadora (10%, 20%, 30 %) y pasivamente con una ortesis	Al aumentar la activación aumenta el centro de gravedad y el centro de presiones.
Scohier et al, 2014	ECA	Provocar un reflejo de estiramiento durante la fase de balanceo de la carrera.	DF. Fuerzas de reacción del suelo EMG en soleos, GAS y TA	Correr a 2.8 m/s sobre un tapiz rodante mientras se producían perturbaciones en la fase aérea	El tríceps sural no tiene un rol funcional en la fase de balanceo. Pero si se produce un reflejo de estiramiento en la última fase de éste lo que sugiere que interviene en el movimiento desde que el talón toca el suelo.
Schache et al	RS	Conocer las	Aumentar la fuerza con		A velocidades lentas importa

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

		estrategias para aumentar la velocidad en la carrera	la que nos impulsamos y/o aumentar la cadencia		más la fuerza con la que avanzamos y a velocidades altas cobra mayor importancia aumentar la frecuencia.
Paris- Garcia et al, 2015	RS	Diferenciar la rigidez del tendón de Aquiles de la del TS	Variación de viscoelasticidad de tendón, sóleo y TS a través de técnicas vibratorias		Existen numerosas diferencias en la rigidez entre ambos grupos musculares en relación al tendón de Aquiles, si bien es cierto que el sóleo es más propenso a la rigidez en sujetos entrenados.
Lai et al, 2014	ECC	Conocer el rol de la energía elástica del tendón y los flexores plantares en el aumento de velocidad en la carrera.	Tiempo que tardaban en recorrer la distancia, EMG de Soleo y GAS	Correr a distintas velocidades: 2.1m/s, 3.5m/s, 7m/s, 8m/s.	La energía elástica del tendón contribuye más que el trabajo de la fibra muscular a medida que la velocidad aumenta.
Faria et al, 2018	ECC	Conocer el efecto entre sexos de la fatiga en la rigidez del TS	Grado de rigidez muscular	Se fatigaba el músculo con una prensa de gemelos y luego una contracción isométrica en	Los hombres tienen valores de rigidez más altos, aunque con pocas diferencias, sin embargo las mujeres

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

Vieira et al, 2013				bipedestación	presentan mayor resistencia a la fatiga.
	EC	Conocer las implicaciones del GAS medial fuera del plano sagital	Electroestimulación del GAS medial y EMG.	Sentado en una silla con 90 grados de flexión de cadera y extensión de rodilla se estimulaba el GAS medial	Existe una relación lineal entre la PF y la inversión lo que sugiere que el GAS medial interviene en la estabilización lateral.

7. DISCUSIÓN

7.1 CONOCER LAS PRINCIPALES ALTERACIONES BIOMECÁNICAS DEL COMPLEJO TOBILLO-PIE:

En relación a las principales alteraciones biomecánicas del complejo tobillo pie, vemos que la gran mayoría de las alteraciones de este complejo caen en un segundo plano en comparación con la DF de tobillo por su relevancia directa y de importancia en la marcha, ya que para que ésta se produzca son necesarios 20 grados de DF. En condiciones fisiológicas, para poder aislar la DF son necesarios 20 grados de flexión de rodilla ya que la tensión del TS va a limitar la DF con menores grados de flexión(20). Además la biomecánica del complejo tobillo pie se va a ver alterada en situaciones de fatiga conforme la edad de los sujetos aumenta, principalmente en torno a los 35 años. Estas alteraciones serán una menor PF y una mayor flexión de rodilla, lo que condicionará la marcha normal del sujeto (21). En relación al sexo, las diferencias tras un protocolo de fatiga fueron mínimas además de presentar una muestra escasa en el estudio de Faria(13) por lo que no creemos que sea un factor determinante para las alteraciones biomecánicas.

La capacidad de la musculatura para estabilizar en tobillo en situaciones dinámicas es enorme, cobrando en este aspecto bastante importancia el TA y el peroneo largo, ya que se vio que aquellos sujetos con inestabilidad funcional de tobillo tenían una actividad disminuida de ésta musculatura (5). En situaciones estáticas sin embargo, si la activación del TA y GAS aumenta progresivamente, el balanceo corporal aumenta por lo que el mantenimiento de la postura no depende de una gran activación de la musculatura (12). Destacamos que Warnica sólo analizó EMG el TA y GAS y en su estudio pedía una contracción de toda la musculatura de la pierna por lo que no sabemos realmente la fiabilidad de este estudio.

Para los movimientos de inversión y eversión, y con ello la estabilidad lateral, existe controversia sobre la implicación del GAS medial, ya que en un estudio de Vieira(4), para conocer su grado de implicación, hubo sujetos que a mayor grado de activación se producía mayor PF e inversión mientras que otros sujetos no producían tanta inversión. Sí que dejamos descartada la eversión en todos los sujetos.

Centrándonos en la biomecánica de la marcha destacamos los roles distintos de sóleo y GAS durante la misma, interviniendo éstos últimos más en la fase de flexión de cadera, rodilla y DF, mientras que el sóleo participa más en la PF y la fase de extensión de rodilla.

7.2 CONOCER EL EFECTO DEL ESTIRAMIENTO SOBRE LA DF DEL COMPLEJO TOBILLO-PIE:

En lo que refiere al efecto del estiramiento en la DF de tobillo, partimos de la diferenciación entre el estiramiento de GAS y sóleo, observando que para conseguir la máxima DF de tobillo analíticamente, son necesarios al menos 20 grados de flexión de rodilla, ya que con menos grados la influencia de la tensión de los GAS hace variar los grados de DF ya en individuos sanos, más aún en aquellos con patología muscular de GAS como las contracturas musculares(20). De éstas, encontramos una revisión sistemática de solidez a la que otorgamos un grado 1- en la escala SIGN en la que se confirma que como método no quirúrgico para su abordaje, el estiramiento resulta de gran utilidad, siempre que se diferencie entre una contractura aislada de GAS o combinada de sóleo y GAS. Incide además en la importancia de confirmar la hipótesis de una contractura ya que puede haber otros procesos como un impingement o una contractura de la cápsula posterior.(8)

Entrando ya en los artículos que recurrieron al estiramiento como método para aumentar la DF de tobillo, encontramos 4 artículos, en los que se analizaba el efecto del estiramiento de manera aislada o se combinaba el estiramiento con otros o incluso con alguna movilización de tobillo. Uno de ellos realiza una combinación de estiramiento estático con una movilización talocrural, en un estudio con 24 individuos en los que 12 sujetos formaban el grupo control. Todos realizaban un estiramiento estático de GAS contra la pared sin levantar el talón de 30" con 10 repeticiones y 30" de descanso. Pero además el grupo estudio realizaba una movilización talocrural tras la cual se medía el grado de DF, encontrándose que aquellos que la recibían mejoraban su DF e incluso el tiempo de alza del talón durante la marcha (19).

Tres de estos artículos coinciden en utilizar el estiramiento estático para mejorar la DF, así Blazevic recurre a 2 estiramientos de 30s con 15s de recuperación 2 veces al día, una entre las 7 y las 10 y otro entre las 18 y 21 durante 3 semanas con el objetivo de conocer las adaptaciones viscoelásticas que se producen tras el programa de estiramiento. Al final concluye que el grupo estudio mejoró la DF un 19.9% más que el grupo control.(16)

En su línea trabajó Akagi y Takahashi que realizaban 3 sesiones de 2' de estiramiento en un plano inclinado y 1' de descanso. Finalmente se comprobó una mejora en la DF y el grado de rigidez en la MTU de GAS, pero al carecer de grupo control disminuye su fiabilidad(15).

Por último encontramos un artículo en el que se hace una comparación entre el estiramiento estático, la contracción isométrica, y la combinación de ciclos de

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

contracción-relajación. Todos los sujetos realizaban un calentamiento idéntico de 5' en una bicicleta estática con 1kg de carga de trabajo a 60 rpm, una PF resistida durante 2' y 3 estiramientos desde los 20 grados de DF hasta máxima. Después de esto, y a diario, unos sujetos realizaban un estiramiento estático de 15" estiramiento y 15" reposo y repetir 3 veces. Los que realizaban el isométrico realizaban 3 ciclos de 10" en posición anatómica seguidos de 5" de máxima contracción isométrica y 15" de descanso. Por último, aquellos que realizaban el ciclo de contracción relajación realizaban 10" de estiramiento seguido de 5" de máxima contracción isométrica y 15" de descanso en 3 ciclos. Destaca que deberían continuar con el estiramiento después de la contracción isométrica para avanzar a la nueva barrera de estiramiento pero para igualar los descansos entre las 3 técnicas lo llevan a descanso. El resultado de este estudio, a pesar de la escasa muestra, es un balance positivo hacia los ciclos de contracción relajación mostrando una mejora en el rango de movimiento (entre 5.3 y 4.6 grados de mejora en comparación con los 2.6 y 2.5 grados del estiramiento estático y el isométrico) y en el grado de rigidez (21% menor en comparación con un 10.1% en estático y en isométrico) en comparación con los otros tipos de estiramiento. Además, a pesar de la escasa muestra, la metodología del trabajo es buena y alcanza un grado 2++ en la escala SIGN(17).

No podemos olvidar el efecto del estiramiento bajo carga excéntrica para aumentar la DF encontrando para ello un artículo con escasa calidad metodológica ya que carece de una buena muestra (11 sujetos) y no existe un grupo control. En el ensayo, los sujetos, después de un pequeño calentamiento, realizaban 5 series de 15" de PF de tobillo submáximas, con la orden de que pudieran mantener ese esfuerzo indefinidamente, con un aparato en el que el sujeto se encontraba tumbado con la rodilla en extensión y en un plano inclinado, seguidos de 45" de descanso. Además de analizar la DF de tobillo a través de una cámara para el análisis del movimiento, se midió la actividad de Sóleos y Tibial anterior por electromiografía. El entrenamiento continuaba y se medía el efecto del entrenamiento a los 7 días durante el protocolo. Finalmente concluye que la carga excéntrica produce efectos positivos en DF y rigidez de la musculatura de la pierna, aunque al carecer de grupo control su fiabilidad se ve ligeramente mermada(10).

7.3 CONOCER LAS REPERCUSIONES EN LA MARCHA POR UNA ALTERACIÓN EN ACTIVACIÓN MUSCULAR DEL TRÍCEPS SURAL O LA MUSCULATURA ESTABILIZADORA:

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

Existen numerosos artículos en los que se recurre a la fatiga muscular para observar alteraciones en la marcha, bien sea con un entrenamiento de fatiga o con una electroestimulación de determinados músculos para observar sus implicaciones en la marcha.

La fatiga muscular produce alteraciones en el patrón de marcha con la edad, incidiendo especialmente en una disminución de la PF y consecuentemente una mayor flexión de rodilla. Estas alteraciones son más evidentes a partir de los 35 años de edad según Hunt y Hatfield (21). Además, para evitar la aparición de estas alteraciones en la marcha es importante tener conservada una buena DF ya que se favorece que no se produzca un alza precoz del talón como analizó Kang, que tras un protocolo de estiramiento de GAS vio como mejoraba este factor.(19)

Muchos artículos recurrieron a la misma marcha o variantes funcionales como método de fatiga para después analizar las variaciones producidas. En sujetos con inflexibilidad de GAS se observa que la marcha se ve alterada en aspectos como la rotación externa de rodilla y, coincidiendo con Kang y sus colaboradores, en una mayor velocidad de progresión de cargas de retropié a antepié, ya que una inflexibilidad de GAS tiene asociada una disminución en la DF de tobillo y por lo tanto se compensará esta falta con adaptaciones en el reparto de cargas y en la rotación externa de rodilla (3).

Los movimientos funcionales son los más estudiados ya que son fácilmente reproducibles y discriminan bastante los movimientos, no como en la marcha que hay que analizar particularmente y como un conjunto. Los sujetos con inestabilidad crónica de tobillo tienen considerables dificultades al realizar una tarea de salto en diagonal de 45 grados, apareciendo en ellos un mayor grado de flexión de cadera, una mayor activación del gastrocnemio medial, es decir, la inestabilidad crónica de tobillo provoca una alteración en los patrones cinemáticos, aplicables por supuesto a la marcha, en el movimiento de salto lateral (4). Destacamos que en la realización de este estudio se contaba con un grupo control sano y que además se realizaron tareas como caminar a velocidad estándar y según iban caminando realizar un cambio de dirección de 45 grados. Tareas en las que no se encontraron grandes diferencias con el grupo control. En la línea de la inestabilidad de tobillo, el papel del TA y el peroneo largo cobra mayor importancia ya que ambos, ante un aumento de las demandas funcionales como puede ser un salto lateral como el que propone Rosen y sus colaboradores, (salto desde una plataforma a 35 y a 50cm de altura), presentan una actividad disminuida antes de aterrizar en el suelo. Esto los incluye en un grupo de riesgo a la hora de realizar actividades deportivas. En este ensayo clínico se cuenta además con una

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

muestra modesta pero con un grupo control (20 estudio/20 control) y además el grado de activación muscular se analizaba por EMG(5).

A fin de analizar la musculatura que interviene, y su grado de implicación, en la estabilidad corporal en estático y durante la marcha, vemos que a mayor grado de activación de la musculatura estabilizadora en estático, el balanceo es mayor y hay mayores fuerzas de reacción del suelo, si bien es cierto que aplicando una órtesis que bloquea el movimiento y proporciona estabilidad, sin activación muscular, el balanceo disminuye (12).

Destacamos que el reflejo de estiramiento aparece en la última fase del balanceo durante la carrera, lo que sugiere que en menor medida podría participar en la marcha ya que actuaría como un regulador del patrón motor en el momento en el que el pie toca el suelo (11).

La estimulación eléctrica se utiliza para conocer la implicación de determinados grupos musculares durante la marcha. El Sóleo y los GAS, considerados tradicionalmente los motores del impulso en la marcha, realizan funciones biomecánicas distintas durante la marcha, aunque ambos colaboren en la estabilidad y el traslado del centro de gravedad. Coincide en esto Lenhart y sus colaboradores, que utilizando también la estimulación eléctrica durante la marcha, concluye que GAS y sóleo realizan roles distintos durante la marcha y puntualiza además que los GAS parecen tener más importancia en la fase de flexión de cadera, rodilla y la DF mientras que el sóleo se centra en la PF y la fase de extensión de rodilla.(6)

7.4 CONOCER LA REPERCUSIÓN DE LAS ALTERACIONES DEL TS EN LA CARRERA:

Refiriéndonos a la carrera y la implicación de los distintos grupos musculares vemos una variable importante como es la velocidad. En el aumento de la velocidad durante la carrera intervienen principalmente dos factores: la fuerza con la que nos impulsamos contra el suelo, donde cobra especial importancia la fuerza muscular, y la frecuencia de paso, es decir el número de veces que nos impulsamos. A velocidades lentas, nuestros esfuerzos se centran principalmente en la fuerza con la que nos impulsamos ya que hay más tiempo de contacto con el suelo en la fase de apoyo, mientras que a medida que aumentamos la velocidad, la importancia de la fuerza empieza a caer y cobra mayor protagonismo la cadencia ya que lo importante, a velocidad de sprint, no es tanto la fuerza que hagamos sino las veces que nos impulsamos, donde cobran mayor importancia flexores y extensores de cadera. Por esto, a velocidades lentas tenemos un mayor esfuerzo muscular en el TS que va disminuyendo con la velocidad al aumentar la cadencia.(22).

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

Los sujetos entrenados, sobre todo corredores, son más propensos a la rigidez del sóleo ya que el movimiento repetitivo del gesto deportivo, si no se combina con un buen programa de estiramiento conduce al acortamiento muscular. Si bien es cierto que en sujetos no entrenados existen muchas diferencias en el responsable de la rigidez del tendón de Aquiles, es decir, varios estudios han tratado de responder a quien interviene más, si los GAS o el sóleo y no han llegado a una conclusión que favorezca a uno u otro. (18). Sí que llegaron a la conclusión Faria y sus colaboradores(65), en un estudio comparativo entre sexos, que tras un programa de fatiga muscular los hombres tienen valores de rigidez más altos que las mujeres pero éstas resisten mejor la fatiga, por lo que aunque a nivel estadístico sean los hombres los que alcanzaron valores más altos, concluyen que la fatiga contribuye a la rigidez en ambos sexos por igual. Sin embargo, a medida que aumenta la velocidad, la fuerza muscular pierde importancia y la ganan la cadencia de paso y la energía elástica del tendón. Coincide en esto Lai, que comprobó que a medida que la velocidad aumenta, es el componente elástico del tendón el que cobra mayor importancia, el conocido "efecto muelle", mientras que la fibra muscular llega a tener incluso un comportamiento isométrico debido a que la fase de apoyo es muy rápida por el aumento de la cadencia.(14)

Por último, Scohier y sus colaboradores, desarrollaron un ensayo clínico con una muestra muy escasa en el que trataron de conocer si el reflejo de estiramiento tenía un rol funcional en la carrera, pero sólo apareció un reflejo tardío que atribuyeron al patrón locomotor regulado por vía supraespinal que controla el momento en el que el pie toca el suelo. Si bien es cierto que la muestra es muy escasa y obtuvo un 3 en la escala SIGN (11).

7.5 ENCONTRAR EL MEJOR TRATAMIENTO, BASADO EN LA EVIDENCIA, PARA AUMENTAR LA DF:

En cuanto al mejor tratamiento para la DF de tobillo, y en base a lo visto anteriormente sobre el efecto del estiramiento sobre la DF, los ciclos de estiramiento por el método de contracción relajación parecen ser los más efectivos en ciclos de 10 segundos de estiramiento pasivo, 5 segundos de contracción isométrica y tras llegar a una nueva barrera 15 segundos de descanso, aunque Kay y sus colaboradores, al pasar estos 5 segundos de contracción llevaban a descanso para igualarse con los otros tipos de estiramiento, y, aun así, resultaron ser los más efectivos (17). La razón de que esto sea así radica en las adaptaciones viscoelásticas que se producen en el músculo y el tendón tras un programa de estiramientos (16). En otra línea actuaron Akagi y Takahashi que sólo analizaron el estiramiento estático a través de 3 sesiones de 2' de

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

estiramiento y 1' de descanso y obtuvieron resultados positivos en la DF y consecuentemente en la rigidez(15).

La mejora de la DF aunque principalmente se refiera al plano sagital conviene conocer que el tratamiento de esta no solo va a afectar a ese plano ya que el gastrocnemio medial interviene también en la estabilización lateral, como vio Vieira, al estimularlo eléctricamente para ver su grado de implicación en comparación con el movimiento en el plano sagital (4).

En una línea totalmente distinta se encuentra Debenham y sus colaboradores al recurrir al trabajo excéntrico de 5 series de 15" de PF con 45" de reposo. Tras el ensayo clínico obtuvieron resultados positivos, sin embargo peca de una escala SIGN de 3 y una muestra muy escasa con sólo un grupo investigación de 11 sujetos (10).

7.5 LIMITACIONES DEL TRABAJO

Podemos destacar como clara limitación del trabajo la escasa calidad de los artículos analizados principalmente debido a la escasa muestra de los ensayos, muchos de ellos sin un grupo control con el que contrastar los resultados del estudio. Destaca además el escaso número de artículos que traten el TS desde una perspectiva deportiva o simplemente desde la normalidad ya que una gran cantidad de los artículos preseleccionados fueron desechados al limitar el grupo de estudio a pacientes con parálisis cerebral, uno de los criterios de exclusión de este trabajo.

Destacamos la escasez de artículos que recurren al ejercicio excéntrico y la escasa calidad metodológica de los que recurren a él ya que puede ser una línea de tratamiento con resultados muy positivos.

8. CONCLUSIONES

- Para anular la función de los gastrocnemios en la DF de tobillo son necesarios como mínimo 20 grados de flexión de rodilla.
- El estiramiento es una buena técnica de elección en el tratamiento de las contracturas de sóleo y gastrocnemios para aumentar la DF de tobillo.
- El tratamiento más efectivo para la DF de tobillo es el método de contracción relajación, con 10" de estiramiento seguido de 5" de máxima contracción isométrica y 15" de descanso en 3 ciclos.
- La fatiga de la musculatura de la pierna produce alteraciones en el patrón de marcha con la edad en una relación directa, como menor flexión plantar y mayor flexión de rodilla.
- La DF conservada y la flexibilidad de gastrocnemios es un elemento imprescindible para la marcha ya que su falta produce un alza precoz del talón y un aumento en la velocidad del traspaso de cargas de retropié a antepié
- la inestabilidad crónica de tobillo provoca una alteración en los patrones cinemáticos, aplicables por supuesto a la marcha, en el movimiento de salto lateral
- La inestabilidad crónica de tobillo provoca una alteración en los patrones cinemáticos, aplicables por supuesto a la marcha, en el movimiento de salto lateral.
- El tibial anterior y el peroneo tienen disminuida su actividad en sujetos con inestabilidad de tobillo, por lo que ésta es un factor de riesgo para la práctica deportiva.
- El sóleo y los gastrocnemios realizan funciones biomecánicas distintas durante la marcha, aunque ambos colaboran en la estabilidad (principalmente el gastrocnemio medial) y el traslado de cargas de retropié a antepié.
- A medida que aumentamos la velocidad en la carrera la importancia de la fuerza de impulso disminuye en favor de la cadencia debido a una disminución del tiempo de apoyo y que el tendón se comporta como elemento elástico mientras que el músculo tiene un comportamiento ligeramente isométrico.
- Los hombres tienen factores de rigidez más altos tras un protocolo de fatiga, pero las mujeres tienen mayor resistencia a la misma.
- El entrenamiento de carrera contribuye a la rigidez del sóleo debido al gesto deportivo.
- El entrenamiento en excéntrico también obtiene resultados positivos en la DF.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Sous Sánchez JO, Navarro Navarro R, Navarro García R, Brito Ojeda ME, Ruiz Caballero JA. Bases biomecánicas del tobillo. *Canar Médica Quirúrgica*. 2011;8(24).
2. Koshino Y, Ishida T, Yamanaka M, Ezawa Y, Okunuki T, Kobayashi T, et al. Kinematics and muscle activities of the lower limb during a side-cutting task in subjects with chronic ankle instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. abril de 2016;24(4):1071-80.
3. Wu S-K, Lou S-Z, Lee H-M, Chen H-Y, You J-Y. Gastrocnemius inflexibility on foot progression angle and ankle kinetics during walking. *Clin Biomech Bristol Avon*. mayo de 2014;29(5):556-63.
4. Vieira TMM, Minetto MA, Hodson-Tole EF, Botter A. How much does the human medial gastrocnemius muscle contribute to ankle torques outside the sagittal plane? *Hum Mov Sci*. agosto de 2013;32(4):753-67.
5. Rosen A, Swanik C, Thomas S, Glutting J, Knight C, Kaminski TW. Differences in lateral drop jumps from an unknown height among individuals with functional ankle instability. *J Athl Train*. diciembre de 2013;48(6):773-81.
6. Lenhart RL, Francis CA, Lenz AL, Thelen DG. Empirical evaluation of gastrocnemius and soleus function during walking. *J Biomech*. 22 de septiembre de 2014;47(12):2969-74.
7. Francis CA, Lenz AL, Lenhart RL, Thelen DG. The modulation of forward propulsion, vertical support, and center of pressure by the plantarflexors during human walking. *Gait Posture*. septiembre de 2013;38(4):993-7.
8. Abdulmassih S, Phisitkul P, Femino JE, Amendola A. Triceps surae contracture: implications for foot and ankle surgery. *J Am Acad Orthop Surg*. julio de 2013;21(7):398-407.
9. Paseiro Ares G. Obsolescencia e idiomática de la revista *Fisioterapia* durante los años 1989, 1999 y 2000. *Fisioterapia*. 1 de enero de 2002;24(1):40-6.
10. Debenham JR, Gibson WI, Travers MJ, Campbell AC, Allison GT. Modulation of Stretch-Shortening-Cycle Behavior With Eccentric Loading of Triceps Surae: A Possible Therapeutic Mechanism. *J Sport Rehabil*. abril de 2017;26(2):151-8.
11. Scohier M, De Jaeger D, Schepens B. Triceps surae stretch reflex modulation after a mechanically evoked ankle dorsiflexion during the swing phase of human running. *Motor Control*. octubre de 2014;18(4):383-94.
12. Warnica MJ, Weaver TB, Prentice SD, Laing AC. The influence of ankle muscle activation on postural sway during quiet stance. *Gait Posture*. abril de 2014;39(4):1115-21.

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

13. Faria A, Gabriel R, Moreira H, Camacho T, Brás R, Ditroilo M. The effect of sex and localised fatigue on triceps surae musculoarticular stiffness. *Eur J Sport Sci.* mayo de 2018;18(4):483-90.
14. Lai A, Schache AG, Lin Y-C, Pandy MG. Tendon elastic strain energy in the human ankle plantar-flexors and its role with increased running speed. *J Exp Biol.* 1 de septiembre de 2014;217(Pt 17):3159-68.
15. Akagi R, Takahashi H. Acute effect of static stretching on hardness of the gastrocnemius muscle. *Med Sci Sports Exerc.* julio de 2013;45(7):1348-54.
16. Blazeovich AJ, Cannavan D, Waugh CM, Miller SC, Thorlund JB, Aagaard P, et al. Range of motion, neuromechanical, and architectural adaptations to plantar flexor stretch training in humans. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. 1 de septiembre de 2014;117(5):452-62.
17. Kay AD, Husbands-Beasley J, Blazeovich AJ. Effects of Contract-Relax, Static Stretching, and Isometric Contractions on Muscle-Tendon Mechanics. *Med Sci Sports Exerc.* octubre de 2015;47(10):2181-90.
18. París-García F, Barroso A, Doblaré M, Cañas J, París F. Evaluation of the stiffnesses of the Achilles tendon and soleus from the apparent stiffness of the triceps surae. *Proc Inst Mech Eng [H].* enero de 2015;229(1):28-39.
19. Kang M-H, Oh J-S, Kwon O-Y, Weon J-H, An D-H, Yoo W-G. Immediate combined effect of gastrocnemius stretching and sustained talocrural joint mobilization in individuals with limited ankle dorsiflexion: A randomized controlled trial. *Man Ther.* diciembre de 2015;20(6):827-34.
20. Baumbach SF, Brumann M, Binder J, Mutschler W, Regauer M, Polzer H. The influence of knee position on ankle dorsiflexion - a biometric study. *BMC Musculoskelet Disord.* 23 de julio de 2014;15:246.
21. Hunt MA, Hatfield GL. Ankle and knee biomechanics during normal walking following ankle plantarflexor fatigue. *J Electromyogr Kinesiol Off J Int Soc Electrophysiol Kinesiol.* agosto de 2017;35:24-9.
22. Schache AG, Dorn TW, Williams GP, Brown NAT, Pandy MG. Lower-limb muscular strategies for increasing running speed. *J Orthop Sports Phys Ther.* octubre de 2014;44(10):813-24.

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

10. ANEXOS

OBJETIVO DF TOBILLO

(20)The influence of knee position on ankle dorsiflexion- a biometric study

Tipo de estudio	Ensayo clínico cerrado	
Participantes	20 individuos entre 18 y 40 años al 50% de sexo (media de 27,1)	
Intervenciones	En posición supina se aplicaba máxima DF y se media. En carga se pedía un lunge.	
Mediciones	Se medía el grado de DF a distintos grados de flexión de rodilla 20, 30,45, 60, y 70° sin carga y en carga. 30" entre medidas.	No se encontraron diferencias entre los miembros de cada individuo. Si se concluyó que aumentar el grado de flexión de rodilla por encima de 20° no aumentaba el grado de DF
Escala sign y Grado de recomendación	2++ B	
sesgo	Juicio personal	Motivo del juicio
cegamiento	Riesgo Bajo	Los sujetos eran escogidos bajo determinados criterios de inclusión
medición	Riesgo bajo	La fórmula aplicada para la medición era clara y concisa

(8)Triceps surae contracture

Tipo de estudio	Revisión sistemática
Participantes	

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

Intervenciones	<p>Las contracturas de gemelos y sóleo se entienden como una falta de DF fruto de un aumento de la tensión muscular de estos músculos. Se definió como cuando existen menos de 5° de DF más o menos, lo que provocará que se produzca un desplazamiento de cargas hacia medio y antepié. La causa de las contracturas se desconoce pero se cree que puede ser debido a costumbres posturales que propician la aparición de las contracturas.</p> <p>Se asocia íntimamente que la contractura de TS se asocia con un pie valgo aunque no se sabe si es la causa o un efecto secundario.</p> <p>Para evaluar la diferencia entre contractura de gemelos y gemelos y sóleo se realiza una DF pasiva con extensión de rodilla y otra con ella en flexión. También podría haber un impingement anterior.</p> <p>Se puede manejar quirúrgicamente y no quirúrgicamente: el no quirúrgico se basa en el estiramiento y el uso de férulas nocturnas, aunque no hay mucho consenso. El quirúrgico consiste en la resección de GAS o tendón de Aquiles.</p>	
Mediciones		
Escala sign y Grado de recomendación	1-	
sesgo	Juicio personal	Motivo del juicio
cegamiento	Riesgo	
medición	Riesgo bajo	Se conocen las fórmulas necesasarios para reproducir el trabajo

(19) Immediate combined effect of gastrocnemius stretching and sustained talocrural joint mobilization in individuals with limited ankle dorsiflexion: A randomized controlled trial.

Tipo de estudio	Ensayo clínico controlado aleatorizado
-----------------	--

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

Participantes	24 individuos (12 grupo investigación y 12 grupo control)	
Intervenciones	Tanto el grupo investigación como el grupo control realizaron un estiramiento de GAS contra la pared sin levantar el talón del suelo. El estiramiento era de 30"x10 repeticiones y descanso de 30"	El grupo investigación además, recibía durante el estiramiento, una movilización talocrural.
Mediciones	Se medía el grado de DF antes y después de la intervención.	Se encontraron diferencias en los grupos en relación al tiempo de alza del talón durante la marcha, la DF y en ambos grupos se encontraron diferencias postintervención.
Escala sign y Grado de recomendación	2++ B	
sesgo	Juicio personal	Motivo del juicio
cegamiento	Riesgo bajo	Los participantes no sabían en que grupo se encontraban, si estudio o control, además de existir rigurosos criterios de exclusión
medición	Riesgo bajo	Se conoce la fórmula empleada para las mediciones. Basada en los grados de DF antes y después, además del tiempo que se tarda durante la marcha en levantar el talón del suelo.

(4) How much does the human medial gastrocnemius muscle contribute to ankle torques outside the sagittal plane

Tipo de estudio	Ensayo clínico
Participantes	10 sujetos (9 hombres 1 mujer) 23-36 años sin

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

	disfunciones musculoesqueléticas.	
Intervenciones	Sentados en una silla a 90 de cadera extensión de rodilla forzada y neutra de tobillo se estudiaba la implicación del MG en la inversión a través de una estimulación eléctrica del MG.	
Mediciones	A través de la estimulación eléctrica se analizaba el grado de implicación del MG en los movimientos de inversión y eversión. Mostrando que a mayor estímulo ambos movimientos aumentaban su amplitud si bien es cierto que aumentaba más el movimiento en el plano sagital (9 veces más)	La relación lineal entre la PF y la inversión sugiere que el MG interviene en la estabilización lateral.
Escala sign y Grado de recomendación	2++ B	
sesgo	Juicio Personal	Motivo del juicio
cegamiento	Riesgo Alto	No existe grupo control
medición	Riesgo Bajo	La fórmula empleada es muy precisa

(17) Effects of contract-relax, static stretching, and isometric contractions on muscle-tendon mechanics

Tipo de estudio	Ensayo clínico cerrado	
Participantes	17 sujetos (9 mujeres y 8 hombres de 25.6 años sin historia de dolor del miembro inferior).	
Intervenciones	Realizaban un calentamiento y luego se sentaban en una silla con un dinamómetro con la rodilla extendida.	Después los sujetos realizaban una PF isométrica, 2' después se realizaban 3 estiramientos de DF empezando con 20° hasta máxima. Después de esto se hacían las

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

		<p>intervenciones: o contracción relajación, o estiramiento estático, o isométricos.</p> <p>En el Estiramiento estático: 15s/15s reposo tras estiramiento lento para producir el RMI.</p> <p>En la contracción relajación: 10s estiramiento seguido de 5s de contracción isométrica y 15s de descanso y repetir 3.</p> <p>En isométricos: con el pie en posición anatómica se hacían 10s mantenimiento pasivo y 5s descanso 3 veces.</p>
Mediciones	Se realizaban día a día. Se medían los grados de DF además de un análisis EMG de GM soleos y TA. Además se comprobaba con imágenes por ultrasonido el grado de contracción muscular.	<p>Resultados: el ROM aumenta en CR y el grado de rigidez más que en estiramiento estático e isométricos.</p> <p>Conclusión: CR es el mejor método para el ROM y para la rigidez tanto muscular como tendinosa</p>
Escala sign y Grado de recomendación	2++ B	
sesgo	Juicio personal	Motivo del juicio
cegamiento	Riesgo Medio	La muestra es escasa
medición	Riesgo Bajo	Se emplean fórmulas claras y concisas que permiten comparar las diferencias.

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

(16) Range of motion, neuromechanical, and architectural adaptations to plantar flexor stretch training in humans.

Tipo de estudio	Ensayo clínico cerrado aleatorizado	
Participantes	22 hombres sanos de 18.6 años y 1.81m y 73.9 kg	Grupo control : 10 - 1 Grupo investigación: 12
Intervenciones		Entrenamiento de estiramiento 2 estiramientos de 30s con 15s de recuperación 2 veces al día, una entre las 7 y 10 de la mañana y otro entre las 18 y 21 de la tarde durante 3 semanas
Mediciones	DF y PF tras un breve calentamiento y unos isométricos de PF	El objetivo del estudio es conocer las adaptaciones viscoelásticas que se producen tras un programa de estiramiento. Concluye que la resistencia al estiramiento es el factor más influyente para el ROM más que otros factores musculotendinosos. El entrenamiento de estiramiento aumento el grado de DF un 19.9% en el grupo estudio pero no en el grupo control
Escala sign y Grado de recomendación	2+ C	
Riesgo de sesgos		
sesgo	Juicio personal	Motivo del juicio
cegamiento	Riesgo alto	Ya que las técnicas no pueden ser negadas al

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

		terapeuta o al paciente porque un grupo se somete a entrenamiento y otro no.
medición	Riesgo bajo	Se conoce la fórmula empleada para la medición de las diversas variables

(15) Acute effect of static stretching on hardness of the gastrocnemius muscle.

Tipo de estudio	Ensayo clínico abierto	
Participantes	20 hombres de media 25 años 173.5 cm de altura y 74 kg sin anomalías ortopédicas. 4 participantes eran sedentarios y el resto hacían deporte 1-8 horas por semana.	
Intervenciones	No grupo control. Grupo investigación: N=20	
Mediciones	Antes del estiramiento y después se medían: DF pasiva, dureza de GAS medial y GAS lateral, rigidez de la unión miotendinosa de flexores plantares.	El estiramiento consistía en 3 ciclos de 2' con 1' de descanso entre series y se realizaba sobre un plano inclinado. Tras el ciclo de estiramiento aumento el ROM y bajo la rigidez de la MTU de PF y GAS. Mientras que no hubo cambios a nivel articular.
Escala sign y Grado de recomendación	2+ C	
Riesgo de sesgos		
sesgo	Juicio personal	Motivo del juicio
cegamiento	Riesgo alto	Ya que no existe grupo de control por lo que los resultados se basan en un solo grupo experimental.
medición	Riesgo bajo	Se conoce la fórmula

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

		empleada para la medición de las diversas variables
--	--	---

(10) Eccentric loading of triceps surae modulates stretch shortening cycle

Tipo de estudio	Ensayo clínico abierto	
Participantes	11 personas, 5 hombres y 6 mujeres de 23.2 años+- 6.7 sin patología musculoesquelética de miembro inferior.	
Intervenciones	No grupo control. Grupo investigación: N=11	Se realizaron 5 series de 15" extensión de tobillo en un aparato concreto seguidos de 45" de descanso
Mediciones	DF de tobillo en el plano sagital a través de una cámara Viscon MX motion analysis system. Calculando la diferencia entre el pico de DF y el punto de contacto con la máquina.	La actividad de Soleos y tibial anterior se midieron por electromiografía. También se medía el efecto del ejercicio a los 7 días a lo largo del protocolo. Conclusión: la carga excéntrica produce resultados positivos en DF, rigidez de la musculatura de la pierna y su actividad.
Escala sign y Grado de recomendación	3 D	
Riesgo de sesgos		
sesgo	Juicio personal	Motivo del juicio
cegamiento	Riesgo alto	Ya que no existe grupo de control por lo que los resultados se basan en un solo grupo experimental.
medición	Riesgo bajo	Se conoce la fórmula empleada para la medición de las diversas variables

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

(21) Ankle and knee biomechanics during normal walking following ankle plantar-flexor fatigue.

Tipo de estudio	Ensayo clínico cerrado	
Participantes	31 personas entre 19 y 35 años sin ningún tipo de patología de la extremidad inferior actual ni pasada	
Intervenciones	<p>Los sujetos realizaban un análisis de la marcha en 10m antes y después del protocolo de fatiga, para observar las diferencias. El miembro de estudio era aleatorio.</p> <p>De los 31 sujetos de estudio solo 18 (9 hombres y 9 mujeres) fueron seleccionados para el estudio por cumplir los criterios de fatiga. Los 13 restantes excluidos</p>	<p>El protocolo de fatiga consistía en 3 contracciones de 3" máximas isométricas de extensión y flexión de rodilla sentado (a 60°), flexión plantar medidas con un dinamómetro, para calentar. El protocolo de fatiga consistía en 60 contracciones máximas concéntricas de PF. Si el pico de fuerza en estas 60 no bajaba del 60% del valor prefatiga se repetían otras 60 contracciones y se paraba si el sujeto no podía continuar o si se alcanzaba el 60%.</p>
Mediciones	<p>La actividad muscular se medía por EMG en cuádriceps y GAS.</p>	<p>Después se realizaba el análisis de la marcha y volvían al protocolo. Se analizaba la velocidad y la cadencia de paso. Además de los rangos de movilidad.</p> <p>En personas jóvenes se vio que no afectaba esta fatiga en la marcha prácticamente. Los cambios producidos eran:</p>

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

		menor PF, mayor flexión de rodilla, pero en pequeña medida.
Escala sign y Grado de recomendación	2++ B	
sesgo	Juicio personal	Motivo del juicio
cegamiento	Riesgo bajo	Ya que solo admitían sujetos que cumplieran requisitos muy específicos.
medición	Riesgo bajo	Se conoce la fórmula empleada para la medición de las diversas variables

(3) Gastrocnemius inflexibility on foot progression angle and ankle kinetics during walking.

Tipo de estudio	Ensayo clínico cerrado	
Participantes	23 pacientes (13 mujeres 10 hombres) con inflexibilidad de GAS y 27 pacientes (16 mujeres 11 hombres) como grupo control sanos.	
Intervenciones	Se catalogaba como inflexibilidad de GAS cuando con la rodilla extendida la DF era menor de 10°	Se les pedía a los sujetos que caminaran a dos cadencias distintas marcadas por un metrónomo (100 y 140 pasos/min)
Mediciones	Se utilizaba una plataforma para conocer las fuerzas de reacción del suelo. También se medía el grado de DF a 90° de flexión de rodilla.	Se comprobó que el grupo investigación tenía mayor rotación externa de rodilla en marcha y mayor velocidad en la progresión de cargas de retropié a antepié.
Escala sign y Grado de recomendación	2++ B	
sesgo	Juicio personal	Motivo del juicio
cegamiento	Riesgo bajo	Los individuos no saben si se encuentran en el grupo

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

		control o el grupo de estudio y los criterios de inclusión son bastante rigurosos
medición	Riesgo bajo	El método de análisis es muy preciso y tiene pocas posibilidades de error.

(5) Differences in lateral drop Jumpa From an unknown height among individuals with functional ankle instability.

Tipo de estudio	Estudio de casos y controles	
Participantes	20 participantes en el grupo de estudio y 20 sanos en el control	
Intervenciones	Los participantes realizaban saltos laterales con ambos miembros de dentro afuera de una plataforma que se situaba a 35 o a 50cm del suelo.	Los saltos se realizaban bajo dos condiciones, con los ojos abiertos y cerrados.
Mediciones	Actividad electromiográfica de TA PL y LG	Los participantes con inestabilidad funcional de tobillo tenían menos actividad en el PL y TA en comparación con el control
Escala sign y Grado de recomendación	2+ C	
sesgo	Juicio personal	Motivo del juicio
cegamiento	Riesgo bajo	Ya que los participantes no saben a qué grupo pertenecen
medición	Riesgo bajo	Ya que las mediciones se basaban en análisis electromiográfico.

(12) The modulation of forward propulsión, vertical support, and center of pressure by the plantarflexors during human walking.

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

Tipo de estudio	Ensayo clínico cerrado	
Participantes	20 adultos sanos	
Intervenciones	Los sujetos debían caminar por un tapiz rodante mientras, o el sóleo o el gastrocnemio medial eran estimulados eléctricamente en el 20/30% del ciclo de la marcha.	Primero se les pedía que caminaran durante 90" en los que un programa analizaba su ciclo de marcha normal. Se estimulaba 11 veces en cada uno de los 8 intentos de 90" que se realizaron.
Mediciones	Analizaban el momento preciso en el que se producía la activación muscular en el ciclo de la marcha y la influencia de la estimulación en movimiento de todo el cuerpo comparando las fuerzas de reacción del suelo recogidas cuando se estimulaba el sujeto y cuando no.	La estimulación de corta duración del tríceps sural produce cambios en las fuerzas de reacción del suelo. Tras las mediciones se concluye que los GAS y el sóleo realizan funciones biomecánicas únicas durante la marcha. Ambos colaboran en la estabilidad y en el traslado del centro de gravedad.
Escala sign y Grado de recomendación	2+ C	
sesgo	Juicio personal	Motivo del juicio
cegamiento	Riesgo alto	Solo hay grupo estudio
medición	Riesgo bajo	La fórmula empleada para las mediciones es precisa.

(6) Empirical evaluation of gastrocnemius and soleus function

Tipo de estudio	Ensayo clínico
Participantes	20 sujetos (13 mujeres 7 hombres de 24.4 años) con marcha normal. Se excluían los que tenían lesiones en el MI

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

Intervenciones	Este estudio investigaba el efecto de la estimulación eléctrica de GAS y soleos durante las distintas fases de la marcha cada intento duraba 90 s e incluía 10 estimulaciones. Los resultados se comparaban por ordenador.	
Mediciones	Se utilizaba un análisis de la marcha en 3D con el que se elaboraba un cuerpo a ordenador con el que analizar los cambios producidos en el movimiento por la estimulación. Los resultados muestran distintos roles de los GAS y soleos durante las fases de la marcha. Los primeros intervienen en la flexión de cadera, rodilla y DF mientras que el soleo participa en la PF y la extensión de rodilla.	
Escala sign y Grado de recomendación	2+ C	
sesgo	Juicio personal	Motivo del juicio
cegamiento	Riesgo Alto	Escasa muestra sin grupo control
medición	Riesgo bajo	La metodología empleada es precisa y la fórmula para la medición se describe bien.

(12) The influence of ankle muscle activation on postural sway during quiet Stance.

Tipo de estudio	Ensayo clínico cerrado	
Participantes	16 sujetos (8 mujeres y 8 hombres) todos sanos.	
Intervenciones	Se realizaba un control electromiográfico del TA y GM y un test inicial con 3 contracciones máximas. Luego se les pedía que estuvieran quietos en la plataforma con los brazos cruzados.	Las pruebas consistían en pedir aún aumento de la actividad de esta musculatura a distintos grados de activación (10, 20,30y 40%) y pasivamente con una órtesis concreta.

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

Mediciones	Al aumentar la activación muscular aumentaban el centro de gravedad y el centro de presiones del individuo en parado.	Al aumentar la rigidez a nivel del tobillo disminuía el centro de gravedad y de presiones
Escala sign y Grado de recomendación	2 + C	
sesgo	Juicio personal	Motivo del juicio
cegamiento	Riesgo alto	Solo hay grupo estudio
medición	Riesgo bajo	Los parámetros y el equipo de medición son muy precisos.

(11) Triceps surae stretch reflex modulation after a mechanically evoked ankle dorsiflexion during the swing phase of human running

Tipo de estudio	Ensayo clínico abierto	
Participantes	7 hombres sanos sin afecciones de miembro inferior de 26,2 años \pm 2,2 , 75,6 kg y 1,81 de altura.	
Intervenciones	No grupo control. Grupo investigación: N=7	Los sujetos corrieron a 2.8ms sobre un tapiz rodante, llevaban zapatillas de correr y un exoesqueleto en la pierna derecha y una plantilla en el pie izquierdo compensatoria de la rigidez.
Mediciones	DF de tobillo en el plano sagital. Sensores en el tapiz rodante medían los 3 componentes de las fuerzas de reacción del suelo. También se registró la actividad muscular con EMG en soleos GAS y	Todas las sesiones comenzaban con una habituación al tapiz con y sin exoesqueleto. Después las perturbaciones se producían en cualquier momento de la fase aérea. Había unos 15-30 pasos entre perturbación y otra.

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

	tibial anterior	Además en reposo también se les sometía a perturbaciones en las que se les decía que no intervinieran. Con extensión de rodilla y tobillo a 90
Escala sign y Grado de recomendación	3 D	
Riesgo de sesgos		
sesgo	Juicio personal	Motivo del juicio
cegamiento	Riesgo alto	Ya que no existe grupo de control por lo que los resultados se basan en un solo grupo experimental.
medición	Riesgo bajo	Se conoce la fórmula empleada para la medición de las diversas variables

(22) Lower limb muscular strategies for increasing running speed

Tipo de estudio	Revisión sistemática
Participantes	
Intervenciones	<p>Existen 2 maneras de aumentar la velocidad corriendo: o aumentando la fuerza con la que nos impulsamos o aumentando las veces que nos impulsamos. A velocidades lentas lo más importante es la fuerza con la que avanzamos (ejercida principalmente por GAS y soleos) mientras que a velocidades altas la cadencia alta cobra mayor importancia.</p> <p>Esprintando, además, la energía absorbida en el tobillo es menor. También la efectividad de soleo y GAS es inferior a velocidades altas ya que a menor contacto con el suelo en la fase de apoyo mayor velocidad de contracción es requerida por lo que no pueden llegar a picos de fuerza tan altos.</p>

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

	Se destaca que con la edad disminuye la longitud de zancada y aumenta la fase de apoyo, con lo que la velocidad disminuye.	
Mediciones		
Escala sign y Grado de recomendación	1-	
sesgo	Juicio personal	Motivo del juicio
cegamiento	Riesgo	
medición	Riesgo bajo	Se analizaron numerosos artículos de diversa índole para realizar la revisión

(18) Evaluation of the stiffnesses of the achiles tendón and soleus from the apparent stiffness of the tríceps surae

Tipo de estudio	Revision sistemática	
Participantes		
Intervenciones	Análisis de artículos que analizaban mediante técnicas vibratorias de la variación de viscoelasticidad entre el tendón de Aquiles , soleo y el conjunto tríceps sural	
Mediciones	Tras analizar distintos artículos se vio que existen numerosas diferencias en la rigidez entre ambos grupos musculares en relación al tendón de Aquiles, si bien es cierto que el sóleo es más propenso a la rigidez en sujetos entrenados.	
Escala sign y Grado de recomendación	2++ B	
sesgo	Juicio personal	Motivo del juicio
cegamiento	Riesgo Bajo	Los estudios son de calidad
medición	Riesgo bajo	Se conocen todas las fórmulas empleadas en los distintos artículos

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

(14) Tendon elastic strain energy in the human ankle plantar –flexors and its role with increased running speed.

Tipo de estudio	Ensayo clínico cerrado	
Participantes	9 corredores experimentados (5 hombres y 4 mujeres de 27.7+-8años, 73.1 +- 8.6 y 176cm +- 7) ninguno tenía algún proceso patológico.	
Intervenciones	Los datos se recogieron mientras los deportistas corrían en una pista sintética interior de 110m de los que principalmente se utilizaron 60m, suficientes para alcanzar la máxima velocidad.	Se les pedía correr a distintas velocidades: 1: a 2.1m/s 2: 3.5m/s 3: 5m/s 4: 7m/s 5 8m/s o más. Destaca que uno de los participantes no pudo completar la parte de esprintar y otro las 2 últimas partes.
Mediciones	Para las mediciones utilizaban puertas de tiempo al principio y al final de los metros establecidos para la medición. Además de cámaras y electromiografía. La pierna que se medía era aleatoria e incluía mediciones de SOL y GAS	Los intentos se repetían hasta que se obtenía una velocidad que difiriera menos del 5% de la marca establecida. Se daba descanso entre los intentos para prevenir la fatiga.
Escala sign y Grado de recomendación	2+ C	
sesgo	Juicio personal	Motivo del juicio
cegamiento	Riesgo alto	Ya que no existe grupo de control por lo que los resultados se basan en un solo grupo experimental.
medición	Riesgo bajo	Se conoce la fórmula

Alteraciones biomecánicas del complejo tobillo-pie y su incidencia en la carrera y la marcha

		empleada para la medición de las diversas variables
--	--	---

(13) The effect of sex and localised fatigue on triceps surae musculoarticular stiffness

Tipo de estudio	Estudio de casos y controles	
Participantes	27 hombres (22,6 años) y 26 mujeres (20,2)	
Intervenciones	Primero se llevaba a fatiga el músculo con una prensa de gemelos. Luego se pedía una contracción isométrica en bipedestación.	
Mediciones	Se medía el grado de rigidez musculoarticular entre ambos sexos encontrándose pocas diferencias entre ambos a pesar de las diferencias morfológicas	Los hombres tenían mayor rigidez de base a pesar de que en la fase postfatiga las diferencias entre sexos fueron mínimas.
Escala sign y Grado de recomendación	2+ C	
sesgo	Juicio personal	Motivo del juicio
cegamiento	Riesgo alto	Todos los individuos saben a qué grupo pertenecen ya que no hay grupo control
medición	Riesgo bajo	Se conoce la fórmula empleada para la medición