

PROGRAMA DE EJERCICIO EN JÓVENES FUTBOLISTAS CON ACORTAMIENTO POSTERIOR EN LA MARCHA

**GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD
FÍSICA Y DEL DEPORTE Y GRADO EN
FISIOTERAPIA**

**FACULTAD CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA
Y EL DEPORTE**



Realizado por: Gabriel Ayuso Bernal

Nº Expediente:

Grupo TFG: MIX61

Año Académico: 2021-2022

Tutor/a: Susana del Moral

Área: diseño de un estudio experimental

Resumen

Introducción: el acortamiento posterior es una patología de la marcha que afecta a actividades de la vida diaria, así como a la práctica deportiva, incluyendo la carrera. El acortamiento del tríceps sural, compuesto por gastrocnemios, sóleo y plantar según algún autor; es un complejo muscular muy potente debido a su acción en dos articulaciones, rodilla y tobillo. En la actualidad diversos son los test y herramientas que se han estudiado para la valoración de la elongación de la musculatura y aumento del rango de movilidad de las diferentes articulaciones. El trabajo de movilidad y el excéntrico tienen evidencia en cuanto al aumento de movilidad y elongación muscular; así como el automasaje con Theraband tiene evidencia de ambas.

Objetivos: el objetivo de este estudio es valorar si se mejoran los patrones de la marcha en jóvenes futbolistas con acortamiento posterior a través de un programa de ejercicios de fuerza, movilidad y flexibilidad.

Metodología: este estudio cuasi experimental está formado por dos grupos de 8 sujetos de manera aleatoria e incluidos por conveniencia. El grupo experimental completará 8 semanas de entrenamiento con una frecuencia de 2 días por semana, antes de sus entrenamientos regulares; y ambos grupos se valorarán pre y post.

Palabras clave: acortamiento posterior, trabajo excéntrico, automasaje, flexión dorsal.

Abstract

Background: Posterior shortening is a gait pathology that affects to daily living activities, as well as sports practice, including running. The triceps surae shortening, composed of gastrocnemius, soleus and plantar according to some author; It is a very powerful muscle complex due to its action on two joints, knee and ankle. Its fibers are type II or fast-twitch and more so in soccer players where actions are very fast. At present, there are several tests and tools that have been studied for the assessment of the elongation of the muscles and increase in the range of motion of the different joints. Mobility and eccentric work have evidence regarding increased mobility and muscle elongation; just as self-massage with Theraband has evidence of both.

Objective: the aim of this study is to assess whether gait patterns are improved in young soccer players with posterior shortening through a program of strength, mobility and flexibility exercises.

Methods: this quasi-experimental study is made up of two groups of 8 subjects randomly included for convenience. The experimental group will complete 8 weeks of training with a frequency of 2 days per week, before their regular training; and both groups will be assessed pre and post.

Key words: posterior shortening, eccentric load, self-massage, dorsiflexion.

Índice

1. Introducción.....	6
1.1. Recuerdo anatómico.....	6
1.2. Biomecánica de la marcha.....	8
1.3. Marcha patológica. Marcha en acortamiento posterior.....	13
1.4. Fisiología del tríceps sural.....	15
1.5. Test funcionales para la valoración del acortamiento posterior y la dorsiflexión de tobillo.....	16
1.6. Programas de intervención en acortamiento posterior.....	21
2. Justificación.....	24
3. Objetivos e hipótesis del estudio.....	24
3.1. Objetivos principales.....	24
3.2. Objetivos secundarios.....	24
3.3. Hipótesis afirmativa.....	25
3.4. Hipótesis nula.....	25
4. Metodología.....	25
4.1. Diseño.....	25
4.2. Muestra y formación de grupos.....	25
4.3. Criterios de inclusión.....	26
4.4. Criterios de exclusión.....	26
4.5. Variables y material de medida.....	26
4.6. Procedimiento.....	27
4.7. Análisis de datos.....	33
5. Equipo investigador.....	33
6. Viabilidad del estudio.....	34
7. Referencias bibliográficas.....	35
8. Anexos.....	39

Índice de imágenes.

Imagen 1. Vista posterior de la pierna donde se observa el origen e inserción de los músculos gastrocnemios, sóleo y plantar.	7
Imagen 2. Fases de la marcha y porcentajes relativos a cada fase.	9
Imagen 3. Estructura básica del músculo. b) Sección transversal muscular.	15
Imagen 4. Ejecución del test de Silfverskiold.	19
Imagen 5. Representación gráfica de los cuatro test: single leg hop, triple hop, cross over hop y timed hop.	20
Imagen 6. Posición adoptada durante el automasaje con Thera-band.	22
Imagen 7. Realización del test de Silfverskiold.	28
Imagen 8. Realización del test de dorsiflexión con la aplicación MyRom.	29
Imagen 9. Single leg hop test.....	30
Imagen 10. Ejecución de la movilidad de tobillo.....	31
Imagen 11. Ejecución de la elevación de talones en step.	32
Imagen 12. Ejecución del automasaje con Theraband	32

Índice de tablas.

Tabla 1. Movimiento de flexión plantar y dorsal durante el ciclo de la marcha.	10
Tabla 2. Clasificación de los diferentes tipos de fibras y sus características.	16
Tabla 3. Valores del resultado del LWBT en función del género, edad y pierna dominante.	18
Tabla 4. Valores del resultado del test de salto a una pierna en función del género, edad y pierna dominante.	21
Tabla 5. Tabla resumen de las variables presentes en el estudio.....	27
Tabla 6. Tabla resumen de los resultados del test de Silfverskiold.....	29
Tabla 7. Frecuencia cardíaca al 70% en función de la edad.	31

1. Introducción.

Un acortamiento en la musculatura posterior de la pierna, especialmente del tríceps sural, supone una alteración en la marcha en muchas de sus fases. De ese modo, en la carrera también tendrá consecuencias. El tobillo es la articulación con más riesgo de lesiones en el fútbol y este riesgo puede venir potenciado por una falta de rango de movimiento en el mismo. Cuando la dorsiflexión de tobillo está restringida, el rango de movimiento de la rodilla y del tronco en el plano sagital pueden estar también reducidos, produciéndose compensaciones en los planos frontal y transversal, aumentando así el riesgo de lesión (Balsalobre et al., 2019).

Además, según el estudio de Solan et al. (2014), el dolor posterior de talón está muy relacionado con las tendinopatías aquíleas y el dolor en la planta del pie con las fascitis. Una retracción del tríceps sural hará que esa persona sea más propensa a sufrir esas tendinopatías o fascitis y, por lo tanto, padezca dolor y no pueda acudir a su práctica deportiva.

Por todo esto, el objetivo principal de este estudio es en primer lugar mejorar los patrones de la marcha en jóvenes futbolistas y en segundo lugar proponer un protocolo de ejercicios para mejorar la fuerza, movilidad y flexibilidad en jóvenes futbolistas con marcha en acortamiento posterior.

1.1. Recuerdo anatómico.

El tríceps sural es un conjunto muscular que tiene su origen en el fémur, tibia y peroné y se inserta, a través de un tendón común en el calcáneo. Está compuesto por los músculos gastrocnemio (medial y lateral), sóleo y plantar. El sóleo se sitúa en una posición más anterior o profunda (Maestro et al., 2021).

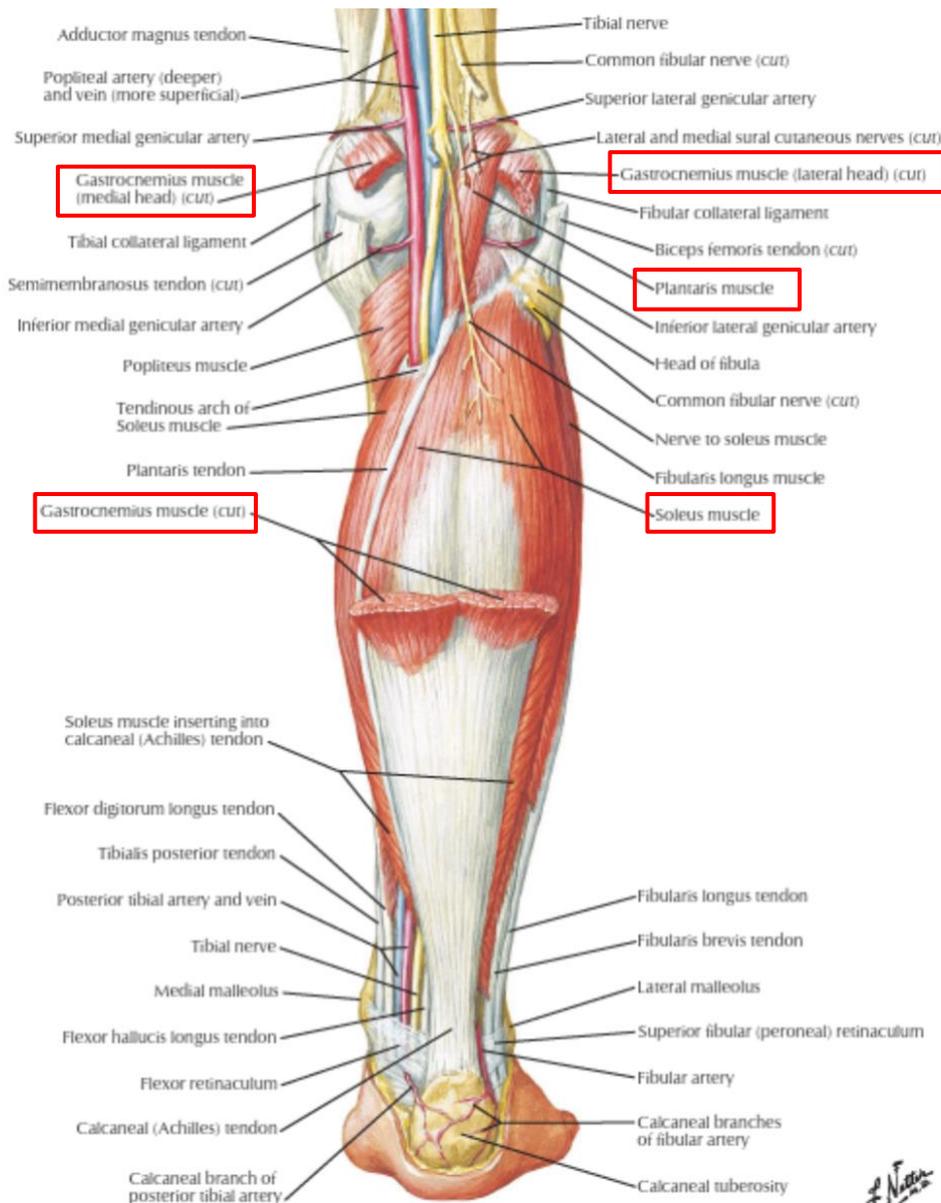
El músculo gastrocnemio está compuesto de dos cabezas o vientres, lateral y medial. Su origen se produce en la parte posterior de los cóndilos correspondientes del fémur y su inserción es, a través del tendón de Aquiles, en el calcáneo.

- El fascículo o cabeza medial se origina por encima del cóndilo medial por un gran tendón aplanado carilla triangular y plana, cuyo vértice, dirigido hacia delante, responde al tubérculo en el que se fija el tendón de la porción larga del aductor mayor.

- El fascículo o cabeza lateral, mas corto y delgado que el medial, se origina en una depresión cóncava de su cóndilo correspondiente por encima del origen del músculo poplíteo (Imagen 1).

Imagen 1.

Vista posterior de la pierna donde se observa el origen e inserción de los músculos gastrocnemios, sóleo y plantar.



Nota. Adaptado de Atlas of human anatomy (p.508), por F.H. Netter, 2018, Elsevier

El músculo plantar está ausente en el 6-8% de la población. Posee un vientre muy plano y pequeño y un tendón fino y alargado. Tiene su origen en el cóndilo lateral y

proximal y medial a la cabeza lateral, recorre el espacio entre ambos gastrocnemios y su inserción mayoritariamente se produce en la tuberosidad del calcáneo, pero no siempre (Kurtys et al.,2020).

El sóleo es el tercer componente del tríceps sural. Es anterior al gastrocnemio y al plantar, y posterior al tibial posterior, flexor largo de los dedos y el flexor largo del primer dedo. Tiene su origen en la tibia y en el peroné.

Aunque el tríceps sural esté compuesto de estos tres músculos, el tendón calcáneo o tendón de Aquiles está formado únicamente por el sóleo y los gastrocnemios, aunque en ocasiones el músculo plantar se incluye. Dicho tendón es el más fuerte y largo del cuerpo humano. Según Dalmau et al. (2014) puede llegar a medir 2,5cm de diámetro y hasta 15cm de largo. Además, es el tendón con más índice lesional del cuerpo.

1.2. Biomecánica de la marcha.

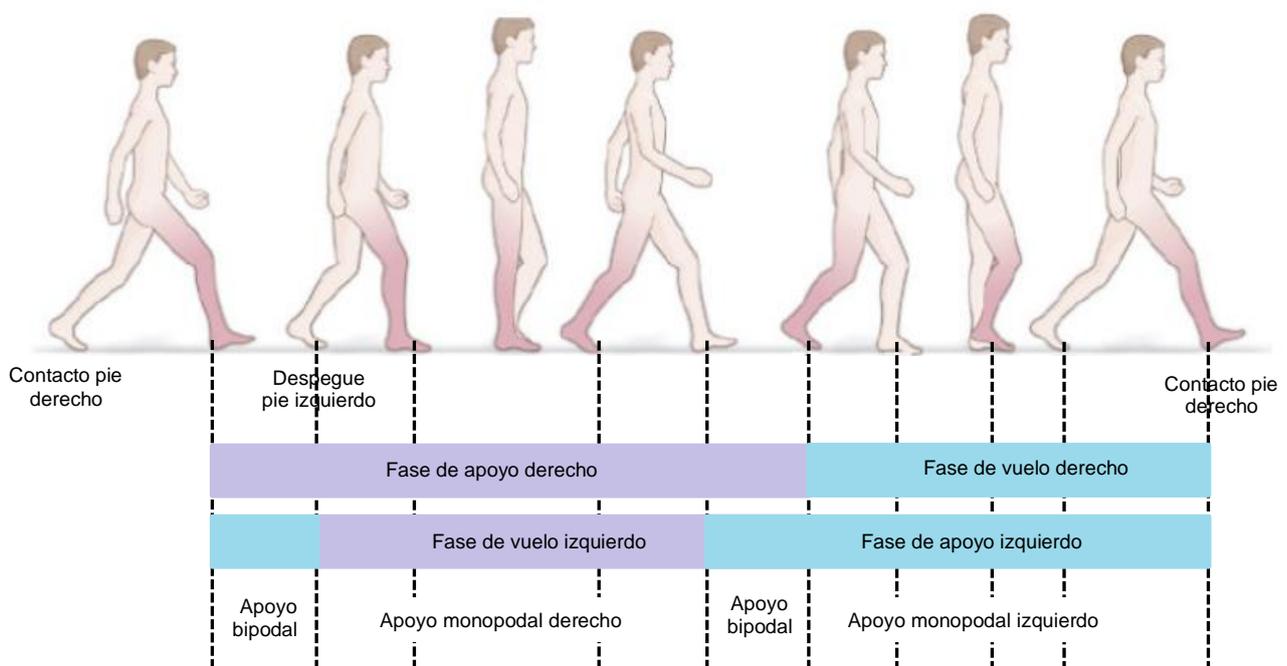
La marcha, y en su consecuencia la carrera, es el resultado de la acción coordinada del sistema musculo esquelético; principalmente de la cintura pélvica y miembros inferiores, y en menor medida del tronco y miembros superiores. Además, es la suma de ciclos de la marcha, los cuales son todos los fenómenos y acciones producidas desde el apoyo de un talón y el siguiente apoyo del mismo. Podemos hablar del modo de locomoción que menos energía gasta para desplazar el centro de gravedad hacia delante (Cámara, 2011). Para entender de un modo más específico este fenómeno, debemos recurrir al estudio espacio-temporal, que no es más que la secuencia de todos los fenómenos que ocurren. La unidad de la marcha se denomina zancada o ciclo de la marcha y está comprendida entre dos repeticiones de un suceso determinado, aunque se suele adoptar desde el apoyo de un talón hasta su siguiente apoyo. Es la suma de dos pasos: izquierdo y derecho.

Cada pierna pasa por una fase de apoyo y una fase de oscilación. En la primera el pie homolateral se encuentra en contacto con el suelo y en la segunda se encuentra en el aire avanzando hacia delante. En relación al tiempo de cada fase, la de apoyo es más larga que la de oscilación (60 y 40% respectivamente) en condiciones normales y a una velocidad espontánea (Imagen 2).

La fase de apoyo es la suma de los apoyos bipodal y monopodales. Por lo tanto, podemos describir la fase de apoyo bipodal que se da cuando ambos pies tienen en contacto alguna de sus partes con el suelo. A medida que la velocidad de la marcha aumenta, las fases de apoyo bipodal son cada vez más cortas, hasta que en la carrera desaparecen. En esta línea, el apoyo monopodal corresponde al intervalo de tiempo donde solo un pie está en contacto con el suelo y coincide con la fase de oscilación del pie contralateral (Cámara, 2011).

Imagen 2.

Fases de la marcha y porcentajes relativos a cada fase.



Nota. Esta imagen representa las fases de apoyo y vuelo de ambos lados, así como las fases bipodales, monopodales y eventos calve. Adaptado de A Review on Accelerometry Based Gait Analysis and Emerging Clinical Applications (p.5), por D. Jarchi, 2018, *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, 11.

Otros conceptos que debemos conocer antes de seguir con las subfases de la marcha son: la longitud de zancada como la distancia entre dos apoyos homolaterales consecutivos, longitud de paso derecho e izquierdo como la distancia entre la separación del pie contralateral y el apoyo homolateral inicial, el tiempo de paso es el tiempo que transcurre en la realización del paso ya sea derecho o izquierdo y la base

de sustentación es la separación lateral entre los puntos medios de ambos talones. Además, la marcha también se caracteriza por la cadencia y su velocidad: la cadencia es el número de pasos realizados en una unidad de tiempo y la velocidad es la distancia recorrida por unidad de tiempo (Cámara, 2011).

Cadencia: pasos/min o pasos/s

Velocidad de la marcha: longitud zancada (m) * cadencia (pasos/min) / 120

Ahora bien, hablemos de las subfases de la marcha centrándonos en la articulación del tobillo ya que su papel es fundamental en la progresión y la absorción de los diferentes impactos, así como la acomodación a las diferentes superficies y velocidades. Debe tener suficiente movilidad también para que en la fase de oscilación permita el avance del pie hacia delante. El tobillo sigue dos movimientos a lo largo del ciclo de la marcha: flexión plantar (FP) y flexión dorsal (FD); y durante éste sigue dos trayectorias de cada una (Sánchez et al., 2005). Tabla 1.

Tabla 1.

Movimiento de flexión plantar y dorsal durante el ciclo de la marcha.

Movimiento	% del ciclo de la marcha
FP<7°	0-7
FD<10°	7-48
FP<20°	48-62
FD<0°	62-100

Nota. Adaptado de *Biomecánica de la marcha humana normal y patológica* (p.63), por J. Sánchez, 2005, Instituto de Biomecánica de Valencia.

Es en la fase de apoyo cuando primero realiza flexión plantar, luego dorsal y termina con otra flexión plantar, mientras que en la fase de oscilación se mantiene en flexión dorsal. Si atendemos al plano sagital, el tobillo tiene un rango de movimiento de entre 20 y 40°.

Sánchez et al. (2005) describió detalladamente cada una de las fases de la marcha:

- En la fase de Contacto Inicial (CI) el tobillo se encuentra en 0° de flexión o flexión neutra (plano sagital) o ligeramente en Flexión plantar. Esta fase prepara al cuerpo para recibir la carga y progresar hacia delante. La musculatura que se encarga de esta fase principalmente es la pretibial.
- La fase de Apoyo Inicial (AI) también es conocida como fase de respuesta a la carga, y el tobillo sigue su primera trayectoria de flexión plantar. En esta fase la musculatura pretibial tiene un papel de control fundamental ya que se debe amortiguar la carga y progresar. En esta fase comienza el rodillo de tobillo, ya que la pierna avanza sobre éste como eje. Es el sóleo el que controla la acción.
- La fase de Apoyo Medio se caracteriza por el desplazamiento del centro de gravedad (CDG) hacia delante gracias al rodillo de tobillo. La acción de los gemelos es algo posterior a la acción del sóleo. Y es el gemelo, quien al ser biarticular realiza una flexión de rodilla, demanda la acción del cuádriceps para su extensión. La musculatura peronea y tibial posterior actúan en mucha menor medida debido a sus cortos brazos de palanca. En esta fase se produce la primera trayectoria de FD.
- En la fase de Apoyo Final (AF), se produce el despegue del talón y sigue la trayectoria de FD. Ahora el rodillo es del antepié. Esta fase termina con el apoyo del miembro contralateral debido a la imposibilidad de la musculatura por estabilizar la potente fuerza de reacción y el desplazamiento del CDG hacia delante. Es a mitad de esta fase cuando el tríceps sural adquiere su máxima acción voluntaria y de carácter excéntrico ya que la trayectoria es de FD.
- En la fase de Oscilación Previa (OP) se produce la segunda trayectoria de FP. Es aquí cuando el miembro sigue en apoyo hasta el CI del miembro contralateral. La acción de la musculatura posterior hace que se produzca la FP (hasta los 20°) y los gastrocnemios, en su acción biarticular, producen una flexión de rodilla. Al final de la fase la musculatura dorsiflexora empiezan a activarse para que no se produzca una caída del pie. (Sánchez et al., 2005).
- La fase de Oscilación Inicial (OI) tiene como objetivo facilitar la progresión y para ello debe haber una FP por parte de la musculatura pretibial que alcanza los 5° en el momento que se cruzan ambos pies.

- En la fase de Oscilación Media (OM) se mantiene la FD para no contactar con el suelo y la contracción de la musculatura pretibial es isométrica lo que esta fase supone un gasto mínimo de energía.
- Por último, en la fase de Oscilación Final (OF) el tobillo se prepara para el nuevo CI del miembro en flexión neutra producida por la acción muscular pretibial.

Ahora bien, aunque hemos citado algo sobre la acción de los músculos del tríceps sural en la marcha, vamos a profundizar en la acción que tienen tanto los gastrocnemios como el sóleo.

Si bien es cierto que ambos músculos tienen funciones similares (flexión plantar de tobillo), el gastrocnemio tiene acción de flexión en la rodilla también. Y esto es muy importante en la clínica y el diagnóstico de acortamiento de tríceps sural puesto que la flexión dorsal del tobillo se realizará con flexión de rodilla (donde el gastrocnemio está acortado). Ahora bien, en actividades dinámicas los roles que presentan ambos músculos son diferentes. Aunque los dos están activos en una posición bípeda, es primero el sóleo quien se activa y después el gastrocnemio. Durante la marcha, estos se activan en toda la fase de apoyo, especialmente en la oscilación media, final y preoscilación. El sóleo es el encargado de que la tibia no ruede hacia delante y no se produzca una dorsiflexión exagerada en el segundo rodillo, evitando así un descenso del cuerpo y del centro de masas. Además, el sóleo realiza una flexión plantar que provoca la extensión de rodilla. Stewart et al., (2007).

1.3. **Marcha patológica. Marcha en acortamiento posterior.**

La marcha en acortamiento posterior o con FP exagerada la podemos agrupar en 4 según su causa: debilidad de la musculatura pretibial, contractura en flexión plantar, hiperactividad del sóleo y gastrocnemios y FP exagerada frente una debilidad del cuádriceps (Sánchez et al., 2005). En cualquiera de los casos anteriores, la marcha se verá afectada en todas sus fases, sobre todo en las de apoyo.

Según Amis (2014) existen factores que hasta hoy se clasifican como causas que afectan a problemas de pie y tobillo y son simplemente factores que agravan la situación del acortamiento posterior y no causas de aparición. Estos factores son entre otros: uso de calzado, obesidad, sobrecarga, estilo de vida sedentario, superficies de contacto... En cuanto a las posibles causas de la aparición del acortamiento de gastrocnemios debemos atender a las siguientes cuatro:

- Cambios en la actividad o en el estilo de vida. Cuando las personas se hacen mayores o simplemente no tienen una vida tan activa como con anterioridad, el rango de movimiento (ROM) de las articulaciones se ve disminuido por el no uso de éstas, por lo que la unidad músculo tendinosa no llegan a estirarse al máximo. La ley de Davis hace referencia a este fenómeno por el cual, si el gastrocnemio se relaja y no recibe apenas tensión, éste se contrae. Por el contrario, cuando hablamos de corredores de larga distancia, el gastrocnemio es muy usado para la elevación del talón y la propulsión y éste, al igual que los isquiotibiales, termina por contraerse debido a que pasa mucho tiempo sin estirarse por completo.
- Aspectos fisiológicos musculo-tendinosos. La edad otorga cambios fisiológicos en todo el cuerpo, también al colágeno y tejido conectivo. El colágeno forma la matriz del tejido conectivo, por lo que estructuras como tendones, ligamentos y discos vertebrales se verán afectadas. Lo mismo sucede con la elastina, cuyo porcentaje va disminuyendo en los tejidos conectivos lo que provoca una disminución de la flexibilidad en los músculos y tendones. Pero esta característica es propia de la edad por lo que en niños es muy poco presente.
- Cambios genéticos. Hoy en día se sabe que la genética es un factor más que determinante en patologías y características humanas. Además, es un factor

muy importante en la contracción progresiva de los gastrocnemios y otros grupos musculares. Por lo que la genética explica por qué ciertas personas son más propensas a padecer contracturas musculares que provoquen problemas musculares o tendinosos.

- Evolución inversa. Sabemos que la evolución humana ha hecho que la locomoción pasase de ser cuadrúpeda a bípeda. La marcha bípeda evolucionó entre 2,2 y 3 millones de años atrás. Aunque desde antes, ya se usaba de manera parcial.

Para que esto sucediese, se tuvieron que producir dos cambios estructurales importantes. En primer lugar, en la pierna, los grupos musculares que estaban acortados debían elongarse (musculatura posterior como isquiotibiales y tríceps sural) y lo que estaban más elongados debían acortarse (musculatura anterior como cuádriceps). Por otro lado, y simultáneamente, el tobillo tuvo que rotar y flexionarse dorsalmente 70° aproximadamente. Esto provocó que el pie se convirtiera en plantígrado y el talón contactara con el suelo permitiendo así una mayor base de apoyo y un mejor brazo de palanca para permitir el impulso adecuado hacia delante. Las rodillas y caderas tuvieron que colocarse en una posición de extensión para que la marcha bípeda fuera posible.

La evolución inversa se explica entonces como la reversión de esos cambios musculares con el paso de la edad. Se conoce como patrón de predilección al proceso de acortamiento de esos músculos en primera instancia de aquellos que se adaptaron en última instancia.

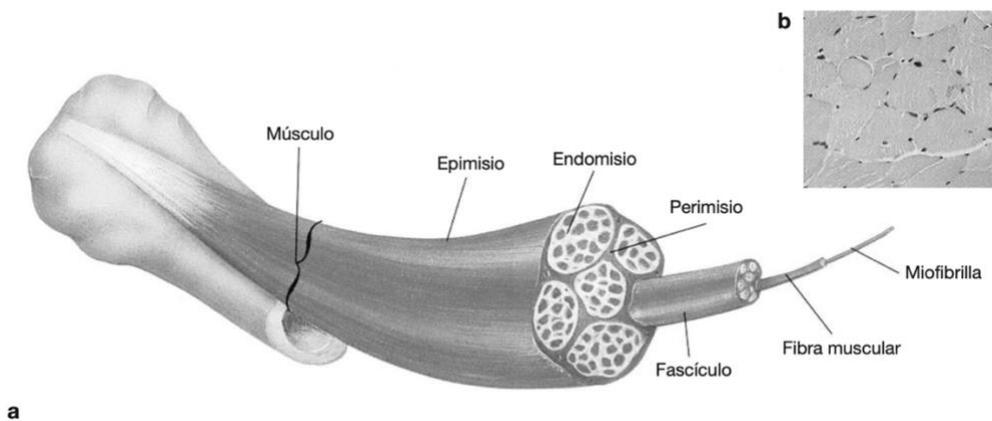
1.4. Fisiología del tríceps sural.

El músculo es el órgano del sistema muscular y la fibra o célula muscular su unidad estructural y funcional básica.

La fibra muscular está recubierta por una vaina de tejido conectivo denominada endomisio y cada fibra está formada por sus unidades contráctiles, también llamadas miofibrillas. Éstas a su vez están constituidas por los sarcómeros (Imagen 3).

Imagen 3.

Estructura básica del músculo. b) Sección transversal muscular.



Nota. Adaptado de Fisiología del esfuerzo y del deporte (p.27) por J. H. Wilmore, 2007, Editorial Paidotribo.

Las fibras musculares se dividen en dos grupos en función de la velocidad de acción de las mismas en la ruptura del ATP para obtener energía para la contracción o para permitir la relajación:

Las fibras ST o Tipo I son fibras de contracción lenta y con una resistencia a la fatiga alta.

Las fibras FT o Tipo II son fibras de contracción rápida y con una resistencia a la fatiga baja. Éstas se subdividen en Tipo II α , Tipo II β y Tipo II χ (Tabla 2).

Tabla 2.

Clasificación de los diferentes tipos de fibras y sus características.

Característica	Tipo I	Tipo IIα	Tipo IIβ
Capacidad oxidativa	Alta	Moderadamente alta	Alta
Capacidad glucolítica	Baja	Alta	Muy alta
Velocidad contráctil	Lenta	Rápida	Ráida
Resistencia a la fatiga	Alta	Moderada	Baja
Fuerza de la unidad motora	Baja	Alta	Alta

Nota. Adaptado de *Fisiología del esfuerzo y del deporte* (p.27) por J. H. Wilmore, 2007, Editorial Paidotribo.

Cada músculo tiene un número variable de fibras musculares en función de su tamaño y función. De igual manera, el tipo de fibras que predomina en cada músculo depende de la función y del uso que tenga. Esta distribución viene dada en parte por la genética como también mencionamos antes en las causas de acortamiento de tríceps sural. El sóleo tiene como fibras predominantes las ST o Tipo I ya que su función es tónica. Sin embargo, los gastrocnemios al ser músculos fásicos tienen predominancia de fibras FT o Tipo II. El fútbol además es un deporte donde las acciones musculares son rápidas e intermitentes, y según DiCesare et al. (2017) los jugadores poseen una mayor parte de fibras Tipo II sobre todo en miembros inferiores.

1.5. Test funcionales para la valoración del acortamiento posterior y la dorsiflexión de tobillo.

Como hemos visto anteriormente, el acortamiento posterior y la FD inadecuada pueden ir de la mano. Además, una de las causas principales del acortamiento posterior era la debilidad del cuádriceps ya sea por uno de sus cuatro posibles factores (cambios en la actividad o en el estilo de vida, aspectos fisiológicos, aspectos genéticos o evolución inversa) por lo que una valoración funcional del mismo también será importante.

Los test funcionales son usados para la valoración de sujetos, y dentro del deporte se utilizan para establecer puntos de partida y mediciones periódicas, pero también para establecer parámetros para el retorno a la práctica deportiva de deportistas lesionados (Bolgla et al., 1997).

En primer lugar, para la medición de la DF se han empleado varios métodos como el test de Lunge, goniómetros o inclinómetros digitales; siendo estos últimos más populares debido a los resultados fiables y rápidos que reportan. Por esto y el aumento de las aplicaciones móviles se ha evidenciado la aplicación MyRom para valorar y cuantificar la DF de tobillo, compararla bilateralmente, y proporcionar un feedback al sujeto instantáneo. Balsalobre et al. (2019) publicaron un artículo en el cual se comparó el uso de la aplicación e inclinómetros digitales para ver la correlación, y ésta fue de 0,989 con un intervalo de confianza de 0,0986 a 0,993. La muestra fue de 12 individuos físicamente activos donde se hicieron 10 mediciones con cada dispositivo y los test se realizaron sin ningún calentamiento.

Konor et al. (2012) realizaron un estudio donde validaban y comprobaban la correlación que existe entre medir la FD con el Lounge Weight Bearing Test (LWBT), goniómetro tradicional e inclinómetro digital. Además, este estudio tiene la particularidad de que el examinador era novato. La correlación entre los tres fue de $>0,85$, pero la mayor correlación correspondió al LWBT y al inclinómetro digital (con una correlación de 0,96 y 0,97 en tobillo derecho e izquierdo respectivamente, frente al goniómetro con una correlación de 0,85 y 0,96).

En línea a la medición de la FD, una posible asimetría en el LWBT de 1 o 2 centímetros entre ambos miembros inferiores puede producir alteraciones clínicas (Hoch & McKeon, 2011).

En el estudio de Carlos Balsalobre et al. (2019) Se obtuvieron valores (aplicación móvil: $5,6 \pm 5,4^{\circ}$; inclinómetro: $5,4 \pm 5,2^{\circ}$) de asimetría entre ambos lados de media y con una correlación muy buena ($r=0,942$), y sin diferencias significativas entre ambos ($p=0,378$).

En cuanto a valores de referencia, diversos han sido los estudios que han tratado de unificar y objetivar el acortamiento posterior y una incorrecta FD. Onate et al. (2018) realizaron un estudio en 2018 en el que valoraron a 3971 sujetos de 15,1 años de edad de media. Se realizaron varios test funcionales antes de comenzar la práctica deportiva. En cuanto al LWBT, los resultados fueron de 10,2 cm y 10,1 cm de media

para los chicos y chicas respectivamente. Dentro del estudio se compararon los géneros, las edades y la dominancia o no de la pierna (Tabla 3).

Tabla 3.

Valores del resultado del LWBT en función del género, edad y pierna dominante.

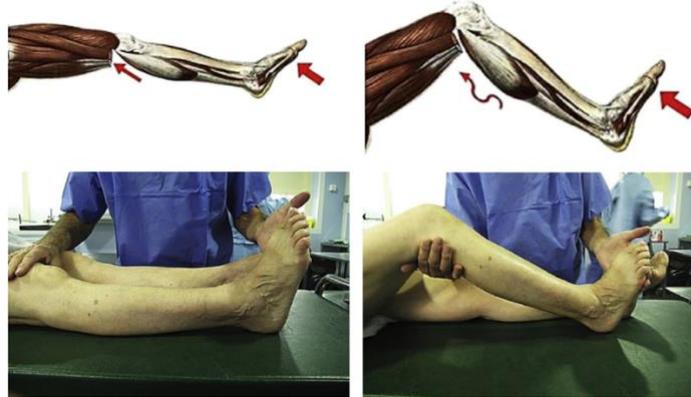
Años	Varones		Mujeres	
	Pierna dominante	Pierna no dominante	Pierna dominante	Pierna no dominante
13-14	9,9 (9,7-10,1)	9,8 (9,6-10,0)	10,1 (9,8-10,4)	10,1 (9,8-10,4)
14-15	10,2 (9,9-10,5)	10,1 (9,9-10,4)	10,7 (10,3-11)	10,8 (10,5-11,2)
15-16	10,3 (10,0-10,6)	10,0 (9,3-10,3)	10,3 (9,9-10,6)	10,2 (9,8-10,6)
16-17	10,1 (9,8-10,5)	10,2 (9,9-10,5)	10,4 (9,9-10,8)	10,7 (10,1-11,1)

Nota. Esta tabla muestra los valores en centímetros (cm). En cada casilla se muestra el valor medio de cada género en cada edad y su desviación típica. Adaptado de Normative Functional Performance Values in High School Athletes: The Functional Pre-Participation Evaluation Project (p.39), por J. Onate, 2018, *Journal of Athletic Training*, 53(1).

En segundo lugar, para la valoración del acortamiento posterior, el test de Silfverskiold nos proporciona a su vez datos sobre la FD, Consiste en realizar una flexión dorsal del tobillo con una fuerza pasiva en el segundo metatarsiano a la vez que se realiza flexión de rodilla (Imagen 4).

Imagen 4.

Ejecución del test de Silfverskiöld.



Nota. Adaptado de *Clinical Diagnosis of Gastrocnemius Tightness*, por P. Barouk (2014), *Foot and Ankle Clinics*, 19(4).

Existe acortamiento posterior por contractura del gastrocnemio cuando la FD es negativa o neutra con la rodilla en extensión, pero se normaliza cuando se flexiona. La fuerza realizada debe de ser de 2 kg y se puede medir con un equinómetro.

Según DiGiovanni et al. (2002) existen dos maneras de medir el acortamiento de gastrocnemios: la primera es que con flexión de rodilla la FD sea igual o inferior a 10° o con la rodilla extendida sea igual o inferior a 5° . La segunda hace referencia a una diferencia menor de $11,3^{\circ}$ entre ambas posiciones.

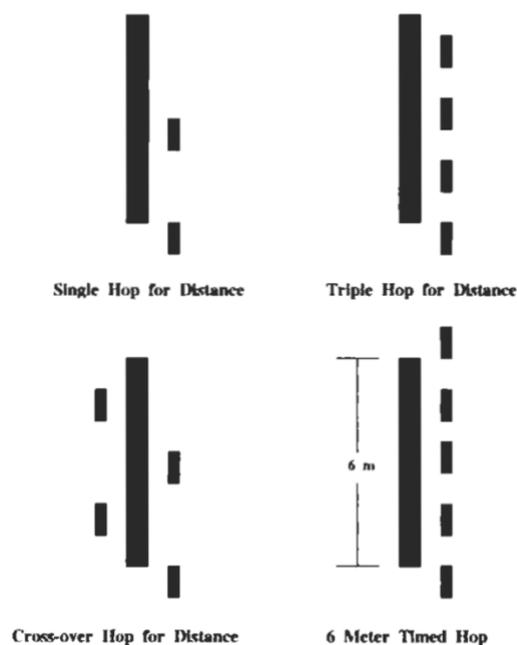
Además, una exploración global del cuerpo será fundamental para el tratamiento de una posible hiperextensión de rodilla, anteversión exagerada de pelvis o apoyo del peso en el antepié.

En tercer lugar, para la valoración funcional de la fuerza en tren inferior son muchos los test que a día de hoy existen: single leg hop, triple hop, timed hop y cross over hop. Pero el que mas fiabilidad obtiene en diversos estudios es el single leg hop Bolgla and Keskula (1997). Todos los test se realizan con la pierna dominante, aunque veremos más adelante la importancia de compararlo con el lado no dominante. Los dos primeros se miden en centímetros y se diferencian en que en el primero se realiza un solo salto y en el segundo se realizan tres consecutivos, y la distancia se mide desde el punto de partida hasta el talón del último apoyo. El timed hop test consiste

en realizar saltos con la pierna dominante en un espacio de 6 metros y en el que la medida es el tiempo (la limitación de este test es no tener las herramientas para ser preciso en la medición del tiempo); y el cross over hop test consiste en realizar tres saltos con la pierna dominante, pero cruzando una línea marcada en el suelo empezando en el lado derecho de dicha línea. Se mide en centímetros (Imagen 5).

Imagen 5.

Representación gráfica de los cuatro test: single leg hop, triple hop, cross over hop y timed hop.



Nota. Adaptado de Reliability of Lower Extremity Functional Performance Tests, por A. Bolgia, 1997, Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 26(3).

En el estudio de Onate et al. (2018) observaron que en la comparación del salto a una pierna realizado con ambas piernas (dominante y no dominante) hubo diferencia significativa entre el salto a una pierna a favor de la dominante frente a la no dominante ($p < 0,01$). Para la normalización de los datos, el salto se expresó en % respecto a la medida de ambos miembros inferiores (desde espina iliaca antero superior hasta el maleolo) También tuvo diferencia significativa en la comparación de género ($p < 0,01$) siendo la media de los varones de 187.8 (186.5, 189.0) y de las mujeres de 157.5

(156.0, 159.0), expresándose todos estos valores en %. Al igual que en el LWBT citado anteriormente, los datos se compararon por género, edad y dominancia o no de la pierna (Tabla 4).

Tabla 4.

Valores del resultado del test de salto a una pierna en función del género, edad y pierna dominante.

Años	Varones		Mujeres	
	Pierna dominante	Pierna no dominante	Pierna dominante	Pierna no dominante
13-14	181,0 (178,9-183,0)	178,9 (176,8-180,9)	154,6 (152,3-157,0)	151,4 (149,1-153,7)
14-15	187,4 (184,4-190,0)	183,9 (181,3-186,6)	158,1 (155,1-161,1)	154,3 (151,3-157,3)
15-16	191,0 (188,1-193,9)	189,8 (186,8-192,8)	159,8 (156,5-163,1)	157,5 (154,2-160,8)
16-17	197,5 (194,7-200,2)	196,5 (193,6-199,4)	161, (157,0-165,1)	160,0 (156,1-163,9)

Nota. Esta tabla muestra los valores en centímetros (cm). En cada casilla se muestra el valor medio de cada género en cada edad y su desviación típica. Adaptado de Normative Functional Performance Values in High School Athletes: The Functional Pre-Participation Evaluation Project (p.39), por J. Onate, 2018, *Journal of Athletic Training*, 53(1)

1.6. Programas de intervención en acortamiento posterior.

En este apartado se va a tratar de explicar los programas de fuerza, flexibilidad y movilidad que hasta ahora se han llevado a cabo con el objetivo de mejorar las alteraciones que en apartados anteriores hemos planteado.

Desde hace ya tiempo se aumentaba el ROM de las diferentes articulaciones con estiramientos estáticos, pero hoy en día hay una fuerte corriente por el uso del automasaje para ganar esa movilidad. La diferencia que existe es que el estiramiento estático reduce la producción de fuerza, al contrario que con el automasaje que se gana dicha producción. Halperin et al. (2014), en su estudio, la metodología era realizar 3 series de 30 segundos con 10 segundos de descanso entre ellas y aunque

ambos (automasaje y estiramiento estático) mejoraron el ROM, hubo una diferencia de 8,2% en cuanto a producción de fuerza a favor del automasaje. Éste se hizo con un Thera-band (Imagen 6).

Imagen 6.

Posición adoptada durante el automasaje con Thera-band.



Nota. Adaptado de Roller massager improves range of motion of plantar flexor muscles without subsequent decreases in force parameters (p.92–102) por I. Halperin, 2014, *International journal of sports physical therapy*, 9(1).

En otro estudio realizado por Cardozo and Yanez (2017) se comparó el efecto del automasaje con la pliometría para la ganancia de salto vertical en jóvenes futbolistas de entre 16 y 17 años. Los resultados eran a favor de la pliometría que mejoraba el salto en un 18,4% frente al 10,7% del automasaje y aunque fuera estadísticamente la pliometría presentase mayor ganancia, el automasaje puede generar cambios en el salto vertical.

En cuanto al trabajo de fuerza, el trabajo excéntrico se ha vuelto cada vez más popular con el objetivo de la prevención y rehabilitación de lesiones (Geremia et al., 2019). Además, que se realice de manera progresiva y durante al menos 6 semanas va a generar cambios favorables en la movilidad de una articulación y la flexibilidad de dicha musculatura. En el estudio de Álvarez and Guzmán (2019) se evaluaron a

jóvenes futbolistas de entre 14 y 16 años la movilidad de rodilla y se les sometió a un trabajo de 3 días por semana, en la que realizaban los siguientes ejercicios durante 3 series de 8 a 12 repeticiones en función de la semana con descansos de 1 minuto: Peso muerto rumano bilateral y unilateral, curl nórdico, curl en fitball, patada adelante y contra resistencia manual. Como podemos observar, este estudio se centró en la articulación de la rodilla, pero se observó una mejoría de la flexibilidad en el test de Ake (Active Knee Extension).

En la línea de este estudio, Aune et al., (2019), compararon el uso de automasaje y trabajo excéntrico para la mejora del ROM del tobillo. Las sesiones fueron diarias durante 4 semanas donde un grupo realizaba trabajo con el Thera-band en 3 series de 60 segundos con descansos de 30 segundos y el otro grupo realizaba un ejercicio excéntrico en 3 series de 15 repeticiones donde el sujeto se subía a un step de 15cm de altura y después de una elevación de talón, realizaba la fase excéntrica en 6 segundos. Los descansos fueron de 30". Aunque en este estudio no se observaron diferencias significativas, si se observó una mejoría aguda, con ambas metodologías, y crónica (4 semanas después) con el trabajo excéntrico.

Por último, Mahieu et al. (2008) realizaron un estudio con 74 sujetos sanos de 21 años de media (19 a 25 años) divididos aleatoriamente en dos grupos: grupo con trabajo excéntrico y grupo control. En la línea del estudio anterior, las instrucciones eran las mismas exceptuando el tiempo de descanso, que en este caso son 20 segundos. El estudio duró 12 semanas y los entrenamientos se realizaban de manera diaria. El LWBT se realizó con la rodilla en extensión y en flexión y ambos obtuvieron una mejoría significativa ($p < 0,001$) dando valores pre y post de 26,091cm y 32,061cm; 32,233cm y 38,833cm respectivamente. Además, en el grupo control no se observó ninguna mejoría significativa.

Estos cambios del trabajo excéntrico se basan en cambios en la arquitectura del músculo para poder satisfacer la demanda del movimiento excéntrico, y son el aumento de la longitud del músculo, así como del grosor del mismo (Geremia et al., 2019).

2. Justificación.

En la actualidad la práctica deportiva es cada vez más complicada por el uso de las nuevas tecnologías como medio de diversión, y si a esto le sumamos que el practicante puede verse obligado a parar un periodo de tiempo por dolor, ésta se vuelve cada vez más escasa en una sociedad donde el sedentarismo es cada vez más presente. Las alteraciones en la marcha no solo van a impedir la práctica correcta del fútbol, si no que también va a afectar en la vida diaria en acciones como caminar, correr, saltar, jugar, etc.

Por otra parte, la valoración de los deportistas es crucial para la corrección de diferentes alteraciones mediante un correcto trabajo de readaptación que englobe test y ejercicios que anteriormente fuesen estadísticamente satisfactorios para los sujetos. Además, hoy en día la evidencia científica aporta conocimientos válidos para su puesta en práctica, ya sean test, ejercicios o valores de referencia.

Por todo esto y mi implicación en el servicio médico de la cantera y fútbol base del SAD Getafe, he elegido este tema para poder llevar a cabo este estudio cuando acabe el Trabajo Fin de Grado y así ampliar la línea de trabajo de esta alteración para generar un factor de protección al joven futbolista, ya sea como readaptación o como prevención de la misma.

3. Objetivos e hipótesis del estudio.

3.1. Objetivos principales.

Valorar si se mejoran los patrones de la marcha en jóvenes futbolistas con acortamiento posterior a través de un programa de ejercicios de fuerza, movilidad y flexibilidad.

Proponer un protocolo de ejercicios para mejorar la fuerza, movilidad y flexibilidad en jóvenes futbolistas con marcha en acortamiento posterior.

3.2. Objetivos secundarios.

Proponer una valoración funcional para cuantificar la mejora de la movilidad, flexibilidad y fuerza en jóvenes futbolistas con patrones de la marcha alterados.

3.3. Hipótesis afirmativa.

Existe una mejora en la marcha en acortamiento posterior de jóvenes futbolistas a través de un programa de ejercicios de movilidad, fuerza excéntrica y estiramientos.

3.4. Hipótesis nula.

No existe una mejora en la marcha en acortamiento posterior de jóvenes futbolistas a través de un programa de ejercicios de movilidad, fuerza excéntrica y estiramientos.

4. Metodología.

4.1. Diseño.

Este estudio es de carácter cuasi experimental con un grupo de intervención al que se le realizará el protocolo y un grupo control.

4.2. Muestra y formación de grupos.

Para la elección de la muestra de este estudio, se ha realizado un muestreo no probabilístico por conveniencia, donde los sujetos pertenecen a las categorías inferiores del SAD Getafe y tienen acortamiento posterior (test de Silfverskiold positivo) testado por la podóloga del club. Para calcular el tamaño de la muestra se ha utilizado una población de 18 jugadores, un nivel de confianza del 90% y un margen de error del 10%, calculándose la muestra de 15 en la plataforma SurveyMonkey.

Se dividirá la muestra en dos grupos de manera aleatoria con igual número de sujetos sin ser ningún grupo ciego. Uno será el grupo control y el otro el grupo experimental, el cual realizará las sesiones de entrenamiento.

En caso de mejora del acortamiento posterior a través de este protocolo, se le aplicará al grupo control.

El protocolo del estudio cumple con la declaración de Helsinki para investigaciones médicas en seres humanos y con el Comité Ético de Investigación Clínica Regional (CEIC-R) de la Comunidad de Madrid.

Los sujetos deberán traer completado el consentimiento informado expuesto en el Anexo 1.

4.3. Criterios de inclusión.

Los criterios de inclusión para la obtención de la muestra son los siguientes:

- Jugadores de entre 10 y 15 años, perteneciendo a las categorías alevín, infantil y cadete.
- Tener acortamiento posterior (tríceps sural) en al menos uno de los dos miembros.
- Pertenecer a las categorías inferiores del SAD Getafe.

4.4. Criterios de exclusión.

Los sujetos quedarán excluidos del estudio si:

- Padecen alguna lesión en el momento de inicio o durante la realización del estudio.
- Han sufrido alguna lesión u operación en miembros inferiores en los 3 meses anteriores.
- No acuden a la sesión de medición previa.
- No acuden a dos sesiones de entrenamiento consecutivas.
- No acuden a 4 sesiones de manera no consecutiva.

4.5. Variables y material de medida.

En este estudio cuasi experimental, las variables son las siguientes (Tabla 5):

- El acortamiento posterior es la variable dependiente, el cual queremos modificar. Es cualitativa nominal y es la podóloga la encargada de medir y valorar esta variable en los sujetos.
- El acortamiento de gastrocnemios es una variable independiente. Es también de carácter cualitativa nominal y se mide con el test de Silfverskiold. Este test será llevado a cabo por el investigador principal.
- El rango de movimiento en dorsiflexión es una variable independiente y cuantitativa continua, medida través de la aplicación. MyRom (versión 3.0.4) por el investigador principal y los dos ayudantes. El margen de errores es de $\pm 0,1^\circ$.
- La longitud de salto es la última variable independiente. Es cuantitativa continua, se mide con el single leg hop test, en centímetros, y con la ayuda de una escala en el suelo y un listón. El margen de error es de 1cm.

- La edad, altura y peso son las variables de control, todas ellas cuantitativas continuas. El peso se mide con la TANITA RD-545-HR 001 (margen de error de 0,05 kg) facilitada por el SAD Getafe y la altura con el tallímetro TANITA HR 001 (margen de error de 0,001m).

Tabla 5.

Tabla resumen de las variables presentes en el estudio.

	Variable	Tipo	Unidad	Instrumento de Medición
Dependiente	Acortamiento posterior	Cualitativo nominal	Si/No	
Independiente	Acortamiento de gastrocnemios	Cualitativo nominal	Gastrocnemios/ Tríceps sural	Test de Silfverskiold
Independiente	ROM DF	Cuantitativa continua	Grados (°)	Aplicación móvil "Myrom"
Independiente	Longitud salto	Cuantitativa continua	Centímetros (cm)	Single leg hop test
De control	Edad	Cuantitativa continua	Años	
De control	Altura	Cuantitativa continua	Centímetros (cm)	Tallímetro
De control	Peso	Cuantitativa continua	Kilogramos (Kg)	Báscula TANITA

Nota. Elaboración propia.

4.6. Procedimiento.

El estudio consiste en una valoración inicial en la cual la podóloga derivará a todos los jugadores de los equipos en categoría alevín, infantil y cadete teniendo jugadores de todas las edades comprendidas entre los 10 y 15 años que tengan acortamiento posterior. Una vez, obtenidos los sujetos, se dividirán en grupos control y experimental

de manera aleatoria y se procederá a realizar las mediciones pre, que se llevarán a cabo antes de los entrenamientos regulares de los jugadores. A continuación, los sujetos del grupo experimental completarán 8 semanas de entrenamiento, para finalmente todos los sujetos de ambos grupos ser medidos (post). Todos los sujetos deberán tener firmado el consentimiento informado (Anexo 1).

Los test que se realizarán son los siguientes:

- Para la medición del acortamiento posterior, se realizará el test de Silfverskiold (Imagen 7) que nos aporta información qué estructura muscular es la encargada del acortamiento. Este test consiste en realizar una flexión dorsal del tobillo con una fuerza pasiva en el segundo metatarsiano a la vez que se realiza flexión de rodilla. Los valores de este test son negativo o positivo. El test es positivo cuando la FD es negativa o neutra con la rodilla en extensión, pero se normaliza cuando se flexiona. En este caso, la musculatura afectada son los gastrocnemios. Sin embargo, si la FD no mejora en flexión de rodilla, la musculatura afectada será todo el complejo del tríceps sural (gastrocnemios y sóleo). Tabla 6.

Imagen 7.

Realización del test de Silfverskiold.



Tabla 6.

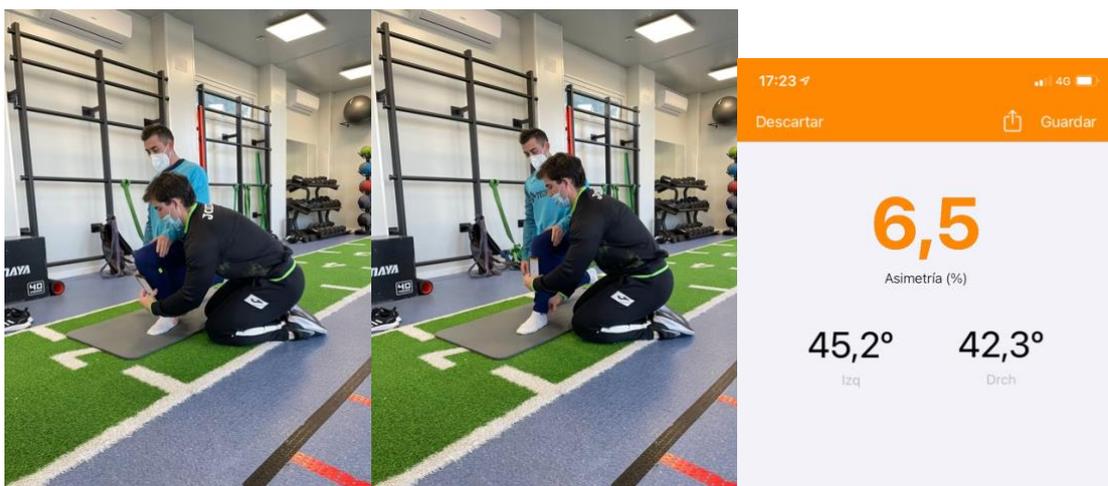
Tabla resumen de los resultados del test de Silfverskiold.

	Extensión de Rodilla	Flexión de Rodilla
Acortamiento de gastrocnemios	x	x
Acortamiento de tríceps sural	x	✓

- Para la medición de la FD, se utilizará la aplicación Myrom. En posición de caballero en el suelo, la pierna izquierda es la primera que se apoya sobre la planta del pie y el sujeto sin separar el talón del suelo y a la señal de “ya” inclinará pierna hacia delante con su propio peso hasta que no pueda avanzar más con el talón pegado al suelo (Imagen 8). Después se realizará el mismo procedimiento, pero con la pierna derecha. La aplicación tras el término de ambas piernas proporciona los datos de ambas piernas, así como la asimetría existente. El test se realizará dos veces y nos quedaremos la mejor marca.

Imagen 8.

Realización del test de dorsiflexión con la aplicación MyRom.



Nota. Esta imagen muestra, además, el resultado de un test realizado donde aparecen las medidas de ambos miembros y el % de asimetría.

- La fuerza del tren inferior se va a cuantificar mediante la realización del single leg hop test. Este test consiste en realizar un salto desde una pierna a lo largo de una cinta métrica (Imagen 9). El test se realiza dos veces y nos quedaremos con la mejor marca. Se realizará por ambos lados

Imagen 9.

Single leg hop test.



El protocolo de las dos sesiones de medición constará en la realización de los tres test en ambas piernas, primero en la izquierda y después en la derecha: primero se realiza el test de Silfverskiold, en segundo lugar, el test de FD en ambas y por último se realiza el single leg hop test. Los valores de estos dos test introducirán en una base de datos (Anexo 2) para después llevar a cabo la parte estadística donde comprobaremos si hay mejoría en los valores pre y post de los tres test mencionados anteriormente.

Durante esas 8 semanas el grupo control realizará sus entrenamientos normales. El grupo experimental, sin embargo, realizará 3 sesiones por semana con el siguiente protocolo (Anexo 3):

- Calentamiento: la parte empieza con un calentamiento de 5' de carrera continua a una intensidad media de 70% de la frecuencia cardíaca, calculada con la fórmula: $FC_{70\%} = (220 - \text{edad}) * 0,7$. En la Tabla 7 tenemos todas las FC al 70% de

los participantes. Ésta será monitorizada a través de un pulsómetro Polar H10 con feedback en directo.

Tabla 7.

Frecuencia cardíaca al 70% en función de la edad.

EDAD	FC _{máx.}	FC _{70%}
10	210	147
11	209	146
12	208	146
13	207	145
14	206	144
15	205	144

- Trabajo de movilidad de tobillo: los jugadores realizarán 3 series de 15 repeticiones con cada pierna alternando el ejercicio en ambas (Imagen 10).

Imagen 10.

Ejecución de la movilidad de tobillo.



- Trabajo de fuerza excéntrica: los sujetos realizarán elevaciones de talón con los dos pies a la vez subidos a un step de 15 cm de alto y apoyados sobre la cabeza de los metatarsos (Imagen 11). Lo harán 3 series de 15 repeticiones cada una, con descansos de 30" entre series y contando en voz alta 6" para la fase excéntrica o de bajada, estirando al máximo en la posición más inferior.

Imagen 11.

Ejecución de la elevación de talones en step.



- Trabajo con Thera-band: para terminar la sesión, los jugadores se sentarán en una silla con el pie en un step de 15 cm de altura y se masajearán de manera autónoma el tríceps sural longitudinalmente por todo el trayecto muscular (Imagen 12). Se realizarán 3 series de 20" en cada pierna, alternando el trabajo en ambas.

Imagen 12.

Ejecución del automasaje con Theraband.



Al término del estudio, si los resultados han sido favorables y el protocolo ha resultado obtener mejoras en el acortamiento posterior, se le aplicará el mismo al grupo control.

4.7. Análisis de datos.

Como ya vimos anteriormente, los datos serán recopilados en una base de datos en Excel (Anexo 2). Después, los datos serán volcados al programa SPSS (versión 27.0) para su análisis estadístico.

Nuestro estudio busca determinar si existe una mejoría en el post sobre el pre en los valores de dorsiflexión y del salto a una pierna y que haya un menor número de positivos en el test de Silfverskiold.

Para las dos primeras variables, que son cuantitativas, calcularemos las siguientes pruebas paramétricas:

- Media: para conocer el valor medio de cada variable en el pre y en el post, aunque debemos atender a las siguientes.
- Desviación típica: para conocer cuánto se alejan los valores de los valores medios

Para la variable de acortamiento posterior medida con el test de Silfverskiold, cualitativa, usaremos las siguientes pruebas no paramétricas:

- Frecuencia absoluta: para conocer cual es el valor que más veces se repite.
- Frecuencia relativa: para conocer el % de cada valor repetido.

En cuanto a la comparación de las variables pre y post, primero comprobaremos si la distribución es o no normal. En el caso de que los datos sigan una distribución normal utilizaremos la prueba t para dos muestras independientes; de lo contrario aplicaremos la prueba U de Mann-Withney. Se establece un nivel de significación de $p < 0,05$.

5. Equipo investigador.

El equipo investigador está formado por los siguientes componentes:

Investigador principal: estudiante de último año de Ciencias de la Actividad Física y del deporte. Encargado de la supervisión, organización y realización de los test de fuerza y movilidad; así como del análisis y redacción del trabajo fin de grado.

Podóloga: responsable del departamento de podología del SAD Getafe. Encargada de llevar a cabo la valoración del acortamiento posterior.

Investigador secundario: Carlos López, responsable del departamento de fisioterapia y readaptación del SAD Getafe. Encargado de la coordinación y contacto con los sujetos del estudio.

Ayudante 1: estudiante de último año de Ciencias de la Actividad Física y del deporte. Encargado de llevar a cabo las sesiones de entrenamiento de los sujetos y ayudar con las mediciones de los test de fuerza y movilidad.

Ayudante 2: estudiante de último año de Ciencias de la Actividad Física y del deporte. Encargado de llevar a cabo las sesiones de entrenamiento de los sujetos.

En el Anexo 4 detallamos la acción de cada ayudante, así como los días en los que es necesario su participación.

6. Viabilidad del estudio.

Este estudio no presenta grandes dificultades a la hora de llevarse a cabo, pero sí que al tratarse de deportistas muy jóvenes podemos encontrar las siguientes:

- Obtención de la muestra para que el estudio sea estadísticamente viable ya que la población es pequeña y además en edades muy jóvenes. Para ellos animaremos a todos los sujetos a que formen parte del estudio y no nos conformaremos con los 15 sujetos que se han calculado.
- Seguimiento y compromiso para acudir a todas las sesiones.
- Objetividad por parte de los sujetos para la realización de los test al máximo esfuerzo.
- Objetividad por parte de los sujetos en realizar correctamente el protocolo de las sesiones de entrenamiento.

A parte, encontramos dificultades en la recopilación de estudios previos realizados a futbolistas tan jóvenes enfocados en la toma de muestras para la dorsiflexión con la aplicación “Myrom” y acortamiento posterior.

7. Referencias bibliográficas.

- Álvarez-Ponce, D., & Guzmán-Muñoz, E. (2019). Efectos de un programa de ejercicios excéntricos sobre la musculatura isquiotibial en futbolistas jóvenes. *Archivo Medicina del Deporte*, 36(1), 19-24, Recuperado de: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/ibc-186184> [18 de diciembre de 2021]
- Amis, J. (2014). *The Gastrocnemius*. *Foot and Ankle Clinics*, 19(4), 637–647. doi: 10.1016/j.fcl.2014.08.001
- Aune, A. A. G., Bishop, C., Turner, A. N., Papadopoulos, K., Budd, S., Richardson, M., & Maloney, S. J. (2019). Acute and chronic effects of foam rolling vs eccentric exercise on ROM and force output of the plantar flexors. *Journal of Sports Sciences*, 37(2), 138–145. doi: 10.1080/02640414.2018.1486000
- Barouk, Pierre; Barouk, Louis Samuel (2014). Clinical Diagnosis of Gastrocnemius Tightness. *Foot and Ankle Clinics*, 19(4), 659-667. doi: 10.1016/j.fcl.2014.08.004
- Bolgia, L., & Keskula, D. (1997). Reliability of Lower Extremity Functional Performance Tests. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 26(3), 138–142. doi: 10.2519/jospt.1997.26.3.138
- Cámara, Jesús (2011). Análisis de la marcha: sus fases y variables espacio-temporales. *Entramado*, 7(1),160-173. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=265420116010> [11 de diciembre de 2021]
- Cardozo, L., & Yanez, C. (2017). Efecto del entrenamiento pliométrico vs thera-band en la altura de salto vertical en jóvenes futbolistas. *Journal of Sport and Health Research*. 9(2):247-262. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/318360437> [18 de diciembre de 2021]
- Balsalobre, C., Romero, N., & Jiménez, P. (2019). Concurrent validity and reliability of an iPhone app for the measurement of ankle dorsiflexion and inter-limb asymmetries. *Journal of Sports Sciences*, 37(3), 249-253. doi: 10.1080/02640414.2018.1494908

- Jarchi, D., Pope, J., Lee, T., Tamjidi, L., Mirzaei, A., & Sanei, S. (2018). A Review on Accelerometry-Based Gait Analysis and Emerging Clinical Applications (Imagen). *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, *11*, 177-194. doi: 10.1109/RBME.2018.2807182
- Dalmau-Pastor, M., Fargues-Polo, B., Casanova-Martínez, D., Vega, J., & Golanó, P. (2014). Anatomy of the Triceps Surae. *Foot and Ankle Clinics*, *19*(4), 603–635. doi: 10.1016/j.fcl.2014.08.002
- DiCesare, C., Adams, J., Claytor, R., Ward, R., & Cox, R. (2017). Relationship between proxies for Type II fiber type and resting blood pressure in Division I American Football Athletes. *International Journal of Health Sciences*, *11*(2), 16–20. [12 de diciembre de 2021]. Recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28539858> [12 de diciembre de 2021]
- DiGiovanni, C., Kuo, R., Tejwani, N., Price, R., ME; Hansen, S., Cziernecki, J., & Sangeorzan, B. (2002). Isolated Gastrocnemius Tightness. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, *84*(6), 962-970. doi: 10.2106/00004623-200206000-00010
- Geremia, J. M., Baroni, B., Bini, R., Lanferdini, F., de Lima, A., Herzog, W., & Vaz, M. (2019). Triceps Surae Muscle Architecture Adaptations to Eccentric Training. *Frontiers in physiology*, *10*. doi: 10.3389/fphys.2019.01456
- Halperin, I., Aboodarda, S. J., Button, D. C., Andersen, L. L., & Behm, D. G. (2014). Roller massager improves range of motion of plantar flexor muscles without subsequent decreases in force parameters. *International journal of sports physical therapy*, *9*(1), 92–102. Recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24567860/> [20 de diciembre de 2021]
- Hoch, M. C., & McKeon, P. O. (2011). Normative range of weight-bearing lunge test performance asymmetry in healthy adults. *Manual therapy*, *16*(5), 516–519. doi: 10.1016/j.math.2011.02.012
- Howe, L. P., Bampouras, T. M., North, J. S., & Waldron, M. (2020). Within-Session Reliability for Inter-Limb Asymmetries in Ankle Dorsiflexion Range of Motion

- Measured during the Weightbearing Lunge Test. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 15(1), 64–73. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7015029/> [4 de enero de 2022]
- Konor, M. M., Morton, S., Eckerson, J. M., & Grindstaff, T. L. (2012). Reliability of three measures of ankle dorsiflexion range of motion. *International journal of sports physical therapy*, 7(3), 279–287. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3362988/> [14 de diciembre de 2021]
- Kurtys, K., Gonera, B., Olewnik, Ł., Karauda, P., & Polguj, M. (2020). A highly complex variant of the plantaris tendon insertion and its potential clinical relevance. *Anatomical Science International*, 95(4), 553–558. doi: 10.1007/s12565-020-00540-4
- Maestro, M., Kowalski, C., Ferre, B., Bonnel, F., & Schramm, M. (2021). Músculos gastrocnemios cortos. *EMC Podología*, 23(1), 1–18. doi:10.1016/s1762-827x(20)44603-6
- Mahieu, N. N., McNair, P., Cools, A., D'Haen, C., Vandermeulen, K., & Witvrouw, E. (2008). Effect of eccentric training on the plantar flexor muscle-tendon tissue properties. *Medicine and science in sports and exercise*, 40(1), 117–123. doi: 10.1249/mss.0b013e3181599254
- Onate, J. A., Starkel, C., Clifton, D. R., Best, T. M., Borchers, J., Chaudhari, A., Comstock, R. D., Cortes, N., Grooms, D. R., Hertel, J., Hewett, T. E., Miller, M. M., Xueliang Pan, Schussler, E., & Van Lunen, B. L. (2018). Normative Functional Performance Values in High School Athletes: The Functional Pre-Participation Evaluation Project. *Journal of Athletic Training*, 53(1), 35–42. doi: 10.4085/1062-6050-458.16
- Sánchez-Lacuesta, J. (2005). *Biomecánica de la marcha humana normal y patológica*. Instituto Biomecánica Valencia.
- Solan, M., Carne, A., & Davies, M. (2014). Gastrocnemius Shortening and Heel Pain. *Foot and Ankle Clinics*, 19(4), 719–738. doi:10.1016/j.fcl.2014.08.010

Stewart, C., Postans, N., Schwartz, M. H., Rozumalski, A., & Roberts, A. (2007). An exploration of the function of the triceps surae during normal. doi: 10.1016/j.gaitpost.2006.12.001

8. Anexos

Anexo 1. Consentimiento informado para los sujetos del estudio.

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPACIÓN EN INVESTIGACIÓN

El propósito de esta ficha de consentimiento es proveer a los participantes de esta investigación una explicación de la misma, así como su rol en ella como participantes voluntarios.

Esta investigación es llevada a cabo por Gabriel Ayuso, alumno del Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad Europea. El objetivo de esta investigación es proponer un trabajo de movilidad, fuerza y estiramientos que ayude a las alteraciones de la marcha que padezcan los participantes. La asistencia y test iniciales y control se registrarán en una base de datos.

La participación es voluntaria y los participantes pueden abandonar la misma cuando ellos lo deseen. La información recogida en las bases de datos es de uso confidencial y no se usará para ningún otro propósito que no fuera de los de dicha investigación. El participante tendrá un número de identificación por lo que será totalmente anónimo.

Las dudas serán resueltas en cualquier momento de la investigación por parte del equipo investigador.

Le agradecemos desde ya su participación.

Yo, _____ tutor/a legal de _____ jugador del equipo _____
_____ acepto que mi hijo/a participe voluntariamente en este estudio de investigación dirigido por Gabriel Ayuso. He sido informado de todo lo relacionado a él y que su fin es exclusivamente científico, así como de la confidencialidad de la misma. De tener preguntas sobre mi participación, puedo contactar con Gabriel Ayuso en su correo electrónico gabi.ayuber@gmail.com.

Firma del participante

Madrid a _____ de _____ de 2021

GABRIEL AYUSO



Anexo 3. Protocolo de intervención.

Tiempo de la sesión	Parte de la sesión	Descripción	Series y repeticiones	Descanso	Observaciones
0-5'	Calentamiento	Carrera continua	5' al 70% FC _{máx}		$70\%FC_{máx}\%=(220-\text{edad}) *0,7$
6-8'	Ejercicio 1: movilidad	Movilidad de tobillo	3 series de 15"	Alternando	El talón no se despega del suelo
9-15'	Ejercicio 2: fuerza	Elevación de talón en step de 15m	3 series de 15 repeticiones	30"	Fase excéntrica de 6"
16-20'	Ejercicio 3: automasaje	Thera-band en tríceps sural	3 series de 20"	Alternando	Longitudinalmente al músculo

Anexo 4. Tabla resumen del equipo de investigación.

				Semana 1			Semana 2			Semana 3			Semana 4			Semana 5			Semana 6			Semana 7			Semana 8			
		Valoración acortamiento posterior	Medición pre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Medición post
INVESTIGADOR	G. A																											
	C. L																											
	P. R																											
	J. R																											
	I. A																											

Nota. G.A: investigador principal