



Universidad de Valparaíso  
Escuela de Kinesiología  
Facultad de Medicina

**LA DISFUNCIÓN DEL MÚSCULO GASTROCNEMIO EN LAS  
ALTERACIONES MUSCULOESQUELÉTICAS DEL PIE**

**SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR AL GRADO DE  
LICENCIADO EN KINESIOLOGÍA**

**AUTORES: RAÚL CANTO DÍAZ  
MIGUEL ESCOBAR CAMUS  
VANESSA MUÑOZ VÉLIZ  
JAVIERA SEPÚLVEDA NÚÑEZ**

**PROFESOR GUÍA: Kigo, LEOPOLDO GALINDO PONCE, Mg.**

**Valparaíso-Chile  
2019**





Universidad de Valparaíso  
Escuela de Kinesiología  
Facultad de Medicina

**LA DISFUNCIÓN DEL MÚSCULO GASTROCNEMIO EN LAS  
ALTERACIONES MUSCULOESQUELÉTICAS DEL PIE**

**SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR AL GRADO DE  
LICENCIADO EN KINESIOLOGÍA**

**AUTORES: RAÚL CANTO DÍAZ  
MIGUEL ESCOBAR CAMUS  
VANESSA MUÑOZ VÉLIZ  
JAVIERA SEPÚLVEDA NÚÑEZ**

**PROFESOR GUÍA: Kigo, LEOPOLDO GALINDO PONCE, Mg.**

**Valparaíso-Chile  
2019**

## **‘Agradecimientos**

*Miramos hacia atrás y vemos cuanto camino se ha hecho al andar, miramos hacia adelante y nada es totalmente seguro. Sin embargo, nos queda por decidir qué tomar y qué dejar, pero recordamos esta frase: “lo que hagas, hazlo con amor o simplemente no lo hagas” (M. Gandhi). A través de estas palabras quisiéramos manifestar de forma escrita, en este gran trabajo, que probablemente no sea perfecto, pero si involucró mucho esfuerzo, tiempo y dedicación al profesor Leopoldo Galindo de quien podemos decir que es una gran persona y gran maestro, queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento por ver más allá de los números y confiarnos esta gran tarea. Quisiéramos darle gracias, por hacer de los estudiantes, seres pensantes y por hacer de la teoría, movimiento, porque el movimiento es vida.*

## INDICE

1. ABREVIATURAS.....	8
2. INTRODUCCIÓN .....	10
3. MARCO TEÓRICO .....	14
3.1 Anatomía del músculo gastrocnemio .....	14
3.2 Biomecánica del músculo gastrocnemio .....	15
3.3 Disfunción del músculo gastrocnemio .....	17
3.3.1 Rigidez/flexibilidad relativa .....	17
3.3.2 Contractura .....	18
3.3.3 Disminución de la longitud o acortamiento .....	18
3.3.4 Aumento de la longitud .....	19
<u>3.4 Etiología de la disfunción del músculo gastrocnemio.....</u>	<u>20</u>
3.4.1 Cambios de actividad / influencias del estilo de vida.....	20
3.4.2. Cambios fisiológicos de músculos y tendones .....	20
3.4.3 Evolución Inversa .....	21
3.5 Fisiología del músculo Gastrocnemio .....	21
<u>3.5 Alteraciones músculo esqueléticas del pie.....</u>	<u>23</u>
<u>3.7 Patologías de pie.....</u>	<u>24</u>
3.7.1 Tendinitis de Aquiles .....	24
3.7.2 Disfunción del tendón tibial posterior .....	27
3.7.3 Espolón calcáneo .....	29
3.7. 4 Fascitis Plantar .....	30
3.7. 5. Osteoartritis no traumática.....	31
3.7. 6. Metatarsalgia.....	32
3.7.7. Dedo en garra/Dedo en martillo/Dedo en mazo .....	33
3.7. 8. Hallux Rígido .....	34
3.7. 9. Hallux Valgus .....	36
3.7.10. Pes Planus .....	40

3.7. 11. Pes Cavus.....	40
<u>3.8 Diagnóstico y evaluación de trastornos en el pie. ....</u>	41
Imagenología y Exámenes.....	42
3.8.1 Rayos x.....	42
3.8.2 Ecografía.....	42
3.8.3 Tomografía computarizada (TC) .....	43
3.8.4. Imagen de resonancia magnética (IRM).....	43
4. OBJETIVOS .....	45
4.1 Objetivo General: .....	45
4.2 Objetivos Específicos .....	45
5. METODOLOGÍA.....	46
5.1 Estrategia de búsqueda .....	46
Scopus .....	49
Wiley Online Library .....	50
Springer Link.....	51
Pubmed.....	51
5. 2. Selección de artículos.....	53
5. 2. 1- Criterios temáticos de aceptación .....	53
5.2.2 Criterios metodológicos de aceptación.....	53
5.2 3. Flujograma.....	54
Ilustración 1 Flujograma.....	54
5.2. 4. Recopilación de datos de los artículos .....	55
5.2.5. Calidad metodológica.....	55
5.2.6 Definición de las variables.....	57
Tabla 1 Definición de las variables.....	57
4. RESULTADOS .....	64
6.1 Caracterización de los artículos incluidos .....	65
Tabla 2 Caracterización de artículos incluidos .....	65
5. DISCUSIÓN .....	86

Ejercicio excéntrico como tratamiento de las disfunciones del tendón de Aquiles ...	103
Asociación de la disfunción del músculo gastrocnemio y patologías de pie .....	104
Tendinopatía del tendón aquiles y disfunción del músculo gastrocnemio .....	105
Fascitis plantar y disfunción del músculo gastrocnemio .....	111
Metatarsalgia y Gastrocnemio .....	112
CONCLUSIÓN .....	114
REFERENCIAS .....	118

#### INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Definición de las variables .....	57
Tabla 2 Caracterización de artículos incluidos .....	65

#### INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Flujograma .....	54
--------------------------------	----

## 1. ABREVIATURAS

1. AST: Área de sección transversal
2. CAG: Contractura aislada de gastrocnemio
3. CG: Contractura de músculo gastrocnemio
4. DFT: Dorsiflexión de tobillo
5. EE: Estiramiento estático
6. EGS: Equino de gastrocnemio y sóleo
7. EMG: Electromiografía
8. EVA: Escala visual análoga
9. FDT: Flexión dorsal de tobillo
10. FP: Fascia plantar
11. FPT: Flexión plantar de tobillo
12. GM: Cabeza medial de músculo gastrocnemio
13. GL: Cabeza lateral de músculo gastrocnemio
14. HB: Hueso calcáneo
15. IDT: Índice de dorsiflexión de tobillo
16. MG: Músculo gastrocnemio
17. MTF: Articulación Metatarso Falángica
18. OTP: Órtesis tobillo a pie

19.PC: Peso Corporal

20.PAD-IC: Enfermedad arterial periférica

21.RG: Rigidez de músculo gastrocnemio

22.RM: Resonancia magnética

23.TA: Tendón de Aquiles

24.TTP: Tendón tibial posterior

## 2. INTRODUCCIÓN

La disfunción del músculo gastrocnemio es una fuente común de problemas no traumáticos de pie y tobillo adquiridos en adultos, como la fascitis plantar, la osteoartritis no traumática en el mediopié, la disfunción del tendón tibial posterior, metatarsalgia, tendinopatía de Aquiles, hallux valgus, dolor de rodilla y dolor lumbar. Además, la disfunción del gastrocnemio, causa restricción en la dorsiflexión del tobillo y paralelamente a esta, una contractura aislada del gastrocnemio conduce a un aumento en la presión y sobrecargas excesivas en todo el pie causando dolor y deformidad (O. Chan & cols, 2018; Amis J., 2014).

El acortamiento del músculo gastrocnemio causa una deformidad del pie en equino que puede manifestarse clínicamente en trastornos del pie, incluida la metatarsalgia. (Morales-Muñoz & cols, 2016). La metatarsalgia es una causa frecuente de dolor en el antepié. Su etiología incluye alteración en la anatomía del pie, alteración en la mecánica de la marcha y deformidad del pie y el tobillo. Una causa específica, de la metatarsalgia mecánica, se produce debido a la contractura del músculo gastrocnemio, que sobrecarga el antepié. (Cortina R. & cols, 2018).

La contractura del gastrocnemio (CG) es una entidad bien establecida de contractura aislada del gastrocnemio (no una contractura de gastrocnemio-sóleo) y a menudo se considera un factor etiológico en pacientes con afecciones en el medio pie o del antepié, la fascitis plantar o tendinopatía de Aquiles y contractura de pantorrilla. (G. Vinagre & cols, 2017; Matthew C. Solan & cols, 2014).

Son varias las causas que conllevan a una alteración del músculo gastrocnemio, la marcha idiopática en punta de pies en la población pediátrica que genera un gastrocnemio acortado. Si bien la evolución se describe como favorable en la mayoría de los estudios, si este patrón de marcha perdura a través de toda la niñez, puede producir sobrecarga del antepié, con riesgo de desarrollar problemas osteoarticulares, musculotendinosos y alteraciones posturales, en un niño en crecimiento y desarrollo. (Lillo & cols, 2014).

Se ha visto que la inflexibilidad del gastrocnemio es un problema importante en muchos pacientes ortopédicos. Clínicamente, los músculos gastrocnemios inflexibles interfieren en el desempeño de las habilidades funcionales y se asocian con muchas lesiones por sobreuso de la extremidad inferior. (Wu Sk & cols 2014).

Además de los problemas frecuentemente descritos, también se ha investigado la asociación del gastrocnemio acortado con torsión tibial lateral por el apoyo y progresión en valgo de los pies y genu recurvatum por sobre elongación de la cápsula articular. El desarrollo de estas complicaciones fundamenta su tratamiento. (Lillo & cols, 2014).

La contractura del gastrocnemio de  $> 13^\circ$  puede considerarse anormal. La mayoría de los pacientes con patología del pie y tobillo no tienen grados anormales de rigidez de gastrocnemio en comparación con los controles, pero está presente en más de un tercio de los pacientes con patología del antepié de los pacientes medidos. (K Malhotra & cols, 2018).

Una contractura silente de gastrocnemio puede causar un daño significativo en el pie y el tobillo gradualmente. cuando se deja sin ser detectado y desatendido. (Amis J., 2014).

Se piensa que la rigidez o aumento de tensión del gastrocnemio es particularmente frecuente en pacientes con patología que afecta el pie y el tobillo, con una prevalencia de hasta el 96,5% en estas condiciones. Sin embargo, la tensión de gastrocnemios clínicamente significativa se ha definido de forma variable sobre la base de estudios con muestras relativamente pequeñas. Los autores han investigado recientemente la

prevalencia de la rigidez del gastrocnemio en individuos asintomáticos. Sin embargo, estos estudios han analizado cohortes de pacientes dentro de una distribución demográfica estrecha o no han analizado específicamente la tensión aislada. Por lo tanto, existe la necesidad de definir y cuantificar la estrechez del gastrocnemio en la población general para determinar un umbral de estrechez para el tratamiento en pacientes con afecciones del pie y el tobillo. (K Malhotra & cols 2018).

Si bien existe una considerable evidencia que trata de explicar alteraciones del pie asociados a una disfunción del músculo gastrocnemio no se han realizado revisiones sistemáticas que recopilen toda la información acerca de las consecuencias que genera una disfunción del gastrocnemio en la articulación de tobillo y pie, debido a esto surge la siguiente interrogante: ¿La disfunción del gastrocnemio produce alteraciones músculo - esqueléticas en el pie?

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Anatomía del músculo gastrocnemio**

El músculo gastrocnemio se origina en la cara posterior de la epífisis distal del fémur y cruza la articulación de la rodilla para insertarse en la tuberosidad del calcáneo, a través del tendón calcáneo. (Tan A.C.K., 2017)

Al músculo gastrocnemio se le distingue una cabeza lateral y una medial, que se insertan en el cóndilo femoral correspondiente. Cabeza Lateral: se inserta en la parte posterior del cóndilo femoral lateral y en el casquete condíleo lateral. Cabeza medial: se inserta sobre el casquete condíleo medial, por posterior e inferior al tubérculo del aductor mayor, en la cara superior del cóndilo femoral medial. Ambas cabezas musculares convergen, reuniéndose a la altura de la interlínea articular de la rodilla y forman un músculo único que se continúa con la cara posterior de una lámina aponeurótica, que ocupa la mayor parte de la cara anterior del cuerpo muscular y se estrecha hacia abajo, separándose del cuerpo muscular en la mitad de la pierna para unirse al tendón del sóleo. (Latarjet & Ruiz Liard, 2005).

### **3.2 Biomecánica del músculo gastrocnemio**

El músculo gastrocnemio es un músculo biarticular que cruza la articulación del tobillo y la articulación de la rodilla y funciona como flexor plantar de pie y flexor de pierna. (Huerta J., 2014).

La cabeza medial (GM) y lateral del músculo gastrocnemio (GL) junto con el músculo cuádriceps e isquiotibial, resisten las fuerzas externas, controlan los movimientos y estabilizan la articulación de la rodilla (Adouni y cols, 2015).

Es importante tener en cuenta que el músculo gastrocnemio puede hacer su fuerza de tensión en el tendón calcáneo de forma activa por la contracción propia o pasivamente por dorsiflexión excesiva de la articulación del tobillo y / o acortamiento de la unidad musculotendinosa. (Huerta J., 2014). Algunos trabajos muestran un nivel de activación sustancial (pico de, 1.3-1.6 peso corporal (PC)) en estos músculos en la fase posterior al apoyo medio de la marcha (Cleather y cols, 2015).

El músculo gastrocnemio es uno de los tres músculos que contribuye casi el 80-87% del torque total de la flexión plantar (Oatis C., 2009; Neumann D., 2007). Los flexores del pie como el gastrocnemio contribuyen a las fuerzas de reacción en el suelo tanto vertical como medio-lateral y crean un momento

externo alrededor del centro de masa del cuerpo, que actúa para rotar el cuerpo en el plano frontal. Por lo tanto, los flexores plantares juegan un papel crítico en el control del momento angular tanto en el plano frontal como en el sagital, que es esencial para mantener el equilibrio dinámico. (Neptune R. y cols, 2016)

Es posible que el alto nivel de tensión desarrollado por el músculo gastrocnemio pueda funcionar para reemplazar y/o trabajar en conjunto con los isquiotibiales para reducir el riesgo de lesiones de ligamento cruzado anterior (LCA) durante las tareas dinámicas de los deportes. Los resultados de un estudio sugieren que su función secundaria podría ser co-contraherse con los cuádriceps para elevar la compresión de la articulación y proteger la rodilla y el LCA de la carga externa de la articulación. Investigaciones anteriores han demostrado que el músculo gastrocnemio puede actuar como un flexor de pierna mientras elevan la compresión articular. La compresión articular es el resultado de la contracción muscular y la investigación respalda los hallazgos de que el cuádriceps y los gastrocnemios funcionan sinérgicamente para estabilizar la rodilla a través de la compresión articular (Morgan y cols, 2014).

### **3.3 Disfunción del músculo gastrocnemio**

Se define como una alteración de la estructura y función del músculo gastrocnemio de origen multifactorial, en la que existe un acortamiento, rigidez relativa, inflexibilidad o contractura de este músculo producto de factores internos y externos (Amis J, 2014).

#### **3.3.1 Rigidez/flexibilidad relativa**

Se refiere a la resistencia presente durante la elongación pasiva del músculo y el tejido conectivo. La rigidez es una propiedad normal del músculo, es la tensión pasiva de un músculo cuando se estira. La combinación de tensión activa y pasiva también se conoce como rigidez. Pero, en la discusión actual e incumbente en esta teoría, el término rigidez está restringido a la propiedad pasiva del músculo. Una propiedad intrínseca del cuerpo humano es la minimización del gasto de energía cuando está inactivo o incluso cuando está activo, el papel de la tensión pasiva se vuelve particularmente importante, puesto que, es un factor primordial que contribuye a la alineación, a menudo la estabilidad e incluso el momento y la efectividad del evento mecánico relacionado con la contracción muscular. La información detectada al

estiramiento pasivo es indicativa de la tensión a través de una articulación y puede ser una fuente de fuerza estabilizadora a través de una articulación, la compresión de la articulación y la resistencia al músculo antagonista cuando se contrae. (Sahrmann S., 2011).

### **3.3.2 Contractura**

Las contracturas musculares se definen como cambios musculares únicos que aumentan la rigidez pasiva del músculo y limitan la movilidad de las articulaciones sin ninguna producción de fuerza activa de los músculos. Una contractura provoca una incapacidad a la articulación para realizar rangos completos de movimientos y la resistencia excesiva durante la movilización pasiva de la articulación. (Smith y cols, 2011; Attias y cols, 2016).

### **3.3.3 Disminución de la longitud o acortamiento**

Como lo demuestran los experimentos, el desarrollo de un verdadero acortamiento muscular se asocia con la pérdida de sarcómeros en serie en las fibras musculares. Los estudios en animales han demostrado que los músculos mantenidos en una posición acortada o en una longitud de descanso corta durante tan solo 3 semanas, perderán los sarcómeros en serie y evitarán

la excursión completa de la articulación a la que está unida. (Zollner M. y cols, 2015; Cronin NJ., 2014).

### **3.3.4 Aumento de la longitud**

Los incrementos en la longitud muscular están asociados con la adición de sarcómeros en serie en las fibras musculares. Aunque la evidencia del aumento de sarcómeros en serie en músculo humano adulto es muy limitada, tales adaptaciones se han demostrado en animales como resultado de la inmovilización pasiva y el uso activo en una posición alargada. Por ejemplo, las personas cuyos hombros están deprimidos no solo aumentan la tensión en su cuello, sino que también están cambiando la alineación de descanso de su hombro en la articulación esternoclavicular y en la articulación glenohumeral. Si los hombros están muy deprimidos, tiene que haber un cambio asociado en la longitud del trapecio superior y los músculos del serrato anterior (Sahrmann S., 2011).

### **3.4 Etiología de la disfunción del músculo gastrocnemio**

#### **3.4.1 Cambios de actividad / influencias del estilo de vida**

Las actividades generales disminuyen a medida que las personas envejecen. Las personas sedentarias y poco activas tienen una limitación de los rangos de movimiento por lo tanto tendones y músculos no alcanzan su longitud óptima. Durante un tiempo suficientemente largo el tejido blando tiende a acortarse. Estos cambios pueden darse por varias circunstancias, como por ejemplo un reposo en cama prolongado, en donde se mantiene una posición en equino constante del pie, limitando el rango articular y generando una alteración en el gastrocnemio. También ocurre en deportistas, particularmente en atletas de distancia donde la acción repetitiva de correr genera que el gastrocnemio y los isquiotibiales de estos atletas no alcancen longitud completa. Con el tiempo, los músculos finalmente se adaptan a esta posición acortada. (Amis J., 2014)

#### **3.4.2. Cambios fisiológicos de músculos y tendones**

Con el envejecimiento ocurre una serie de eventos inevitables uno de estos es el aumento de la reticulación del colágeno y la disminución del porcentaje

de elastina en los tejidos conectivos, lo que reduce la flexibilidad de los músculos y tendones. (Mosteo AS., 2018; Amis J. 2014).

### **3.4.3 Evolución Inversa**

La evolución sugiere que los humanos evolucionaron de los cuadrúpedos a una especie bípeda. Para que el pie humano se adaptara a la marcha bípeda, tuvieron que ocurrir cambios estructurales. En la pierna, ciertos grupos musculares tuvieron que alargarse mientras que sus grupos musculares opuestos tuvieron que acortarse. Hay 2 grupos de músculos de las extremidades inferiores que se adaptan tarde en este proceso evolutivo. Los isquiotibiales y tríceps sural tuvieron que alargarse mientras que los grupos musculares opuestos (cuádriceps y tibial anterior) tuvieron que acortarse y ganar poder. Estos grupos musculares que se adaptan más tarde en el proceso evolutivo, son los primeros en retroceder y acortarse con el envejecimiento.

### **3.5 Fisiología del músculo Gastrocnemio**

La unidad funcional más pequeña involucrada en la adaptación muscular crónica es un sarcómero. Está delimitada entre los llamados discos Z y línea M. En su composición destacan las proteínas actina, miosina y titina. Esta

última conecta el disco Z a la línea M. La principal función de la titina es aportar elasticidad pasiva al músculo mientras que la actina y miosina se encargan de la contracción (Leyre Baradiaran, 2018)

Una superposición óptima de la actina y la miosina es fundamental para la máxima generación de fuerza. Los inadecuados hábitos posturales, muchas veces asociados al sedentarismo, repercuten en un acortamiento muscular.

Zöllner A. y cols en el 2015, realizaron un modelo computacional de escala múltiple para evaluar la adaptación muscular del gastrocnemio en el uso excesivo de tacos, dedujeron que el músculo se ajusta gradualmente a su nueva longitud funcional por una pérdida crónica de sarcómeros en serie. La pérdida de sarcómero varió significativamente a través del músculo con una pérdida promedio del 9%, prácticamente sin pérdida en los extremos proximal y distal, y una pérdida máxima del 31% en la región central.

En respuesta al acortamiento muscular agudo, la longitud del sarcómero disminuye por un aumento en la superposición de actina y miosina. Una disminución en la longitud coloca a los sarcómeros en un régimen de operación no óptimo y todo el músculo en un rango de trabajo energéticamente desfavorable.

En respuesta al acortamiento muscular crónico, la longitud del sarcómero

acortada inicialmente vuelve a su valor inicial a medida que el músculo permanece en su posición acortada. Esto vuelve a colocar a los sarcómeros en su régimen operativo óptimo, aunque el número relativo de sarcómeros en serie disminuye. Para mantener los sarcómeros dentro de su rango operativo óptimo, el músculo esquelético responde al acortamiento crónico mediante la eliminación de sarcómeros en serie. No es sorprendente que estos cambios funcionales y estructurales afectan la eficiencia muscular, el rango activo de movimiento de la articulación tobillo y fatiga muscular, aumentando así el riesgo de lesiones por tensión (Cronin NJ., 2014).

### **3.5 Alteraciones músculo esqueléticas del pie**

Las lesiones musculoesqueléticas suelen deberse a tensiones suprafisiológicas que superan la estabilidad intrínseca del aparato musculoesquelético. La consecuencia es una lesión en el hueso, tendón, músculo, ligamentos o una combinación de estas estructuras. La respuesta de curación fisiológica varía entre estos tejidos y está influenciada por diversos factores intrínsecos y extrínsecos. Entre estos se encuentran el grado y la ubicación anatómica de la lesión, la fisiología del paciente y el modo de tratamiento brindado (Boris A, et al, 2013).

### **3.7 Patologías de pie**

#### **3.7.1 Tendinitis de Aquiles**

El tendón de Aquiles o tendón calcáneo es una confluencia de los músculos gastrocnemio y sóleo. Estos músculos, denominados en conjunto como el tríceps sural, se consolidan en el tendón de Aquiles, el tendón más grande y más fuerte del cuerpo. El Aquiles luego se adhiere ampliamente, con un accesorio de aproximadamente  $2 \times 2$  cm, a la cara posterior del calcáneo. La porción central del tendón de Aquiles, aproximadamente 2–6 cm proximal a su inserción, está relativamente poco vascularizada. Abogamos por usar tres términos para describir los trastornos del tendón de Aquiles: tendinitis, tendinosis y tendinopatía. La tendinitis es un proceso patológico inflamatorio agudo que involucra cambios inflamatorios dentro de la sustancia del tendón o de la capa tendinosa circundante, el peritenón. La tendinosis es un proceso crónico degenerativo que se produce sin la inflamación del peritenón. La tendinosis se caracteriza por lesiones degenerativas dentro de la sustancia del tendón con estructura de tendón microscópica alterada. Macroscópicamente, un tendón tendinótico se engrosa y carece de un aspecto brillante y saludable. La tendinopatía es un término general que incluye tendinitis y tendinosis. (Smith JT., 2017).

La tendinopatía de Aquiles también se puede dividir principalmente en la enfermedad de la porción media del tendón y la inserción del tendón.

La tendinopatía de Aquiles no por inserción (porción media del tendón) en la fase aguda se debe a una reacción celular inflamatoria en el tendón con deterioro circulatorio y edema, que puede progresar a exudados fibrinosos y adherencias en una condición más crónica.

La tendinopatía de inserción se debe a la degeneración de las fibras del tendón de Aquiles en la inserción en el calcáneo y a menudo se asocia con la edad avanzada, el uso de esteroides, la obesidad, la diabetes y las artropatías inflamatorias. (Egger A., 2017)

La tendinitis de Aquiles por lo general se presenta con un dolor agudo de inicio en el Aquiles que se ve agravado por las actividades que estresan el tendón, como caminar, subir escaleras y correr. Además, la aparición de dolor con los primeros pasos en la mañana es común. Puede haber edema o aumento de volumen en el sitio de máxima incomodidad.

La distinción entre tendinosis de inserción y no de inserción, o tendinitis, se basa simplemente en la ubicación de la sensibilidad máxima en el examen físico. Sin embargo, mientras que la tendinosis no insercional suele presentarse con un nódulo dentro del tendón, la enfermedad insercional suele

estar acompañada (pero no siempre) de una morfología ósea calcánea anormal. Una prominencia ósea en el calcáneo posterosuperior, justo anterior a la inserción del tendón, se denomina lesión de Haglund.

El diagnóstico de la tendinopatía de Aquiles se basa en gran medida en la historia y el examen físico. Las radiografías simples del tobillo son útiles para identificar una morfología ósea calcánea anormal. Las imágenes avanzadas, ya sea por IRM o por ultrasonido, no suelen ser necesarias, pero se pueden utilizar para aclarar mejor el grado de afectación del tendón. La mayoría de los pacientes con tendinopatía de Aquiles se pueden tratar con éxito sin cirugía. Para aquellos que se presentan con tendinitis, particularmente con el inicio agudo de dolor severo, el uso de botas altas para caminar durante algunas semanas a menudo es útil.

Después de eso, y para aquellos con tendinosis, el tratamiento consiste en un programa de estiramiento y fortalecimiento cuidadosamente guiado con un fisioterapeuta. El estiramiento excéntrico, que se produce con el disparo de la unidad músculo-tendón a medida que se alarga, ha demostrado ser un tratamiento eficaz. Este programa se acompaña con el uso de una férula nocturna de dorsiflexión, que mantiene el tendón estirado durante el sueño. Para aquellos cuyo dolor no mejora con los tratamientos que se acaban de

describir, los tratamientos no quirúrgicos adicionales incluyen el uso de una órtesis de tobillo a pie (OTP) personalizada o una terapia de ondas de choque extracorpóreas. (Smith JT., 2017).

### **3.7.2 Disfunción del tendón tibial posterior**

La disfunción del tendón tibial posterior (TTP) abarca un espectro de patología que va desde la tendinosis aislada hasta la deformidad del pie adulto adquirida secundariamente, que puede ser flexible o fija dependiendo de la gravedad. La característica de la deformidad del pie es la atenuación del arco debido al valgo de la parte posterior con la abducción del antepié.

El microtrauma repetitivo en el tendón tibial posterior conduce a una respuesta inflamatoria o degenerativa que finalmente conduce a una disfunción del tendón. (Wang D., 2016).

Se describen 3 etapas de la disfunción del tendón tibial posterior, la etapa I con un tendón intacto con inflamación, pero sin deformidad clínica. En la etapa II, el tendón se rompe o no funciona de otra manera, lo que resulta en una deformidad plano valgo que se puede corregir de forma pasiva. En la Etapa III, la deformidad del pie ya no es corregible y se observa osteoartritis en la articulación subtalar. (Bubra PS., 2015).

El examen debe comenzar con un examen de pie descalzo para evaluar la alineación. El aumento de volumen localizado puede ser apreciado a lo largo del TTP y las pruebas de rango de movimiento a menudo revelan una contractura del músculo gastrocnemio. La elevación del talón de una pierna evalúa la competencia del tendón tibial posterior. La radiografía simple del pie y el tobillo está indicada para evaluar la fuente del dolor y para evaluar la alineación.

Para evaluar la alineación, es fundamental que las radiografías sean realizadas con carga sobre el pie. La RM es un estudio útil para evaluar el grado de lesión del TTP, aunque no es necesario si el diagnóstico es claro.

El enfoque para tratar este trastorno es descansar el tendón, entrenarlo con fisioterapia y luego proteger el tendón con una órtesis. La inmovilización se realiza con una bota alta. Los pacientes con síntomas más leves o que son inestables en sus pies, y por lo tanto no son seguros con una bota, pueden ser tratados con una tobillera más pequeña. La duración de la inmovilización suele ser de 4 a 6 semanas, y luego los pacientes pasan de la bota a órtesis que apoyan el retropié y mediopié. Si las órtesis no son suficientes, se pueden considerar aparatos ortopédicos más grandes, como una órtesis de tobillo y pie.

La terapia física comienza después de la inmovilización de la bota y se concentra en entrenar el tendón y estirar el músculo gastrocnemio contracturado. (Katz J., 2018).

### **3.7.3 Espolón calcáneo**

El espolón calcáneo plantar es un crecimiento óseo de la tuberosidad del calcáneo. Se describen típicamente como brotes óseos que surgen justo antes del proceso medial de la tuberosidad del calcáneo. La apariencia anatómica es muy variable, pero puede categorizarse en general como simple o irregular. La etiología de estos espolones es un tema polémico y se ha explicado a través de varias teorías que incluyen las teorías degenerativas, inflamatorias, de tracción, traumáticas repetitivas, formadoras óseas y de compresión vertical. Tradicionalmente, se planteó la hipótesis de que los espolones calcáneos se producen a través de la tensión / tracción repetitiva de la fascia plantar o la musculatura intrínseca en su inserción en el calcáneo. Esto da como resultado una inflamación posterior y un desarrollo rápido. (Kirkpatrick J., 2017).

#### **3.7.4 Fascitis Plantar**

La fascia es una estructura de tejido conectivo larga y gruesa, similar a un ligamento, que se encuentra en la cara plantar del pie. Se extiende desde los tubérculos calcáneo medial y lateral distalmente hacia los dedos. La fascia consiste en bandas mediales, centrales y laterales.

La fascitis plantar es una de las condiciones clínicas comunes en la práctica de la medicina y representa entre el 11% y el 15% de todas las visitas. La fascitis plantar crónica es el resultado de un proceso degenerativo de la fascia y sus estructuras perifasciales circundantes. La afección puede ser más apropiadamente llamada fasciosis plantar. Aunque la etiología de la fascitis plantar crónica no está clara, algunas pruebas indican que es la combinación de edad y uso excesivo lo que conduce a cambios degenerativos dentro de la fascia, lo que produce síntomas (Heigh y cols, 2018.)

La inserción del talón medial plantar es el área más común de dolor e incomodidad. El dolor suele ser agudo cuando el paciente sale de la cama o se mueve por primera vez después de un período de inactividad. El dolor en el talón generalmente desaparece después de unos minutos de actividad. A veces, el dolor empeorará a medida que avanza el día. Algunos pacientes

también pueden quejarse de ardor, hormigueo y dolor agudo en el talón. La incomodidad también se puede sentir en el arco medial.

Cuando se investiga el origen del dolor en el talón, se debe pensar en los sistemas musculoesquelético, vascular, dermatológico y neurológico. Como se mencionó anteriormente, el sistema musculoesquelético suele ser la causa principal de dolor en el talón (fascitis plantar). Se analizan rayos X para detectar lesiones óseas; Resonancia magnética para descartar tejidos blandos o lesiones óseas; electromiografía (EMG) para detectar el síndrome del túnel tarsiano; y exámenes para descartar patologías arteriales. (James P. Ioli, 2018).

### **3.7.5. Osteoartritis no traumática**

La osteoartritis es una enfermedad de toda la articulación que involucra alteraciones estructurales en el cartílago articular, el hueso subcondral, los ligamentos, la cápsula, la membrana sinovial y los músculos periarticulares. El dolor es el síntoma dominante y es un factor importante en la toma de decisiones clínicas y en el uso de los servicios de salud, se enmarca mejor

dentro de un modelo biopsicosocial. La osteoartritis es una condición común e incapacitante que representa una carga de salud sustancial y creciente con notables implicaciones para las personas afectadas, los sistemas de atención de salud y los costos socioeconómicos más amplios. Con los efectos combinados del envejecimiento y el aumento de la obesidad en la población mundial. Junto con el aumento en el número de lesiones articulares, este síndrome, que ya es oneroso, se está volviendo más frecuente, y las estimaciones mundiales sugieren que 250 millones de personas están actualmente afectadas. (David J Hunter DJ. y cols, 2019)

### **3.7. 6. Metatarsalgia**

La metatarsalgia central, uno de los problemas más comunes en la práctica clínica ortopédica, es un término usado para indicar una condición dolorosa localizada en la región plantar del antepié entre las cabezas de metatarsiano 2 y 4 y/o la articulación metatarsofalángica, a menudo asociada con los trastornos más frecuentes del antepié, como el hallux valgus (HV) y las deformidades menores del dedo del pie. El diez por ciento de la población general ha tenido algún tipo de dolor en la región metatarsiana durante su

vida, la mayoría de ellas mujeres. (Carlo Biz y cols, 2018). Se debe evaluar de forma física y radiológica, una vez que se completan, se deben corregir los factores etiológicos y tomar medidas locales para aliviar el dolor. El tratamiento de primera línea es conservador, y la cirugía debe considerarse sólo cuando el tratamiento conservador falla. Otra medida de tratamiento es hacer modificaciones de calzado, cuyo objetivo es distribuir las presiones uniformemente sobre la planta del pie. Los zapatos deben ser cómodos, lo suficientemente largos, con una puntera ancha, un talón plano y una suela exterior suficientemente gruesa que no sea demasiado flexible. Por otro lado, las plantillas hechas a medida están diseñadas para corregir el varo o el valgo del retropié, soportar el arco medial, transferir los sitios de presión proximales a las cabezas metatarsianas y disminuir las cargas en los sitios de alta presión. Al disminuir la carga de las cabezas metatarsianas y redistribuir las presiones plantares de manera armoniosa las plantillas alivian la metatarsalgia. (Besse J-L., 2017)

### **3.7.7. Dedo en garra/Dedo en martillo/Dedo en mazo**

Es una deformidad en flexión dorsal fija en la articulación metatarsofalángica con una deformidad de flexión fija de la articulación interfalángica proximal.

El dedo en garra es menos común y generalmente más severo que el dedo en martillo. En la punta de la garra, las fuerzas intrínsecas más débiles dan paso a las fuerzas extrínsecas más fuertes. El dedo en martillo es una deformidad en donde la articulación interfalángica distal está fija en flexión. El dedo en mazo es una deformidad en donde la articulación interfalángica proximal está en flexión fija (Ridley y cols, 2018; Doty y cols, 2018).

### **3.7. 8. Hallux Rígido**

Es una afección dolorosa del dedo gordo del pie caracterizada por la restricción del arco de movimiento de la articulación metatarsofalángica y la formación progresiva de osteofitos. La causa precisa del hallux rigidus sigue siendo un objeto de debate. Las variaciones anatómicas y los hallazgos históricos, clínicos y radiográficos se han implicado en el desarrollo y la progresión del hallux rigidus. Los hallazgos radiológicos asociados incluyen defectos osteocondrales de la cabeza metatarsiana y ángulo de hallux interfalángico aumentado. Los hallazgos históricos asociados incluyen una historia familiar positiva y una historia de trauma en la articulación. (Lucas y cols, 2015).

Se ha estimado que casi el 80% de los pacientes mayores de 50 años tendrán algún grado de artritis del dedo gordo. Las mujeres son más comúnmente afectadas que los hombres y el 50% de los casos pueden bilaterales. (Baumhauer JF. y cols 2019).

Se deben obtener radiografías con carga de peso en todos los pacientes con sospecha de hallux rigidus. La formación de osteofitos dorsales y el estrechamiento del espacio articular serán evidentes en la mayoría de los casos. Más allá de las radiografías, las imágenes avanzadas generalmente no están indicadas. Una excepción sería el uso de imágenes de resonancia magnética para descartar una fractura por estrés o una patología sesamoidal.

La literatura clínica con respecto al tratamiento no conservador del hallux rigidus es escasa. La modificación de los zapatos, específicamente la elección de zapatos con un fondo profundo para los dedos, deja espacio para los osteofitos dorsales que suelen estar presentes. Zapatos más anchos también pueden ser útiles en este sentido.

Desafortunadamente, algunos pacientes informan que, si bien los zapatos más anchos y profundos brindan alivio al hallux, estos zapatos no encajan

bien en otras regiones del pie. Esto puede llevar a un movimiento excesivo, cortante y formación de ampollas. Los zapatos con suela rígida también pueden ser útiles. La suela rígida disminuirá la dorsiflexión a través de la articulación MP, efectivamente la "protección contra el estrés". (Chiodo CP. y cols, 2018).

### **3.7. 9. Hallux Valgus**

El hallux valgus es un trastorno común del pie. Se caracteriza por la desviación lateral del dedo gordo. Esto conduce a una deformidad angular en la articulación metacarpofalángica y al desarrollo de una prominencia ósea secundaria. (Choi J. y cols, 2015).

La prevalencia de esta deformidad es del 23% entre adultos de 18 a 65 años. Aumenta con la edad (36% en personas mayores de 65 años) y es mayor en mujeres (30%) que en hombres (13%). Existe un consenso de que la deformidad del hallux valgus es de origen multifactorial e incluye algunos factores intrínsecos y extrínsecos, como el uso de zapatos estrechos de tacón alto, peso excesivo, factores genéticos, laxitud ligamentaria, metatarsus primus varus, pie plano, hallux limitus funcional. Dimorfismo sexual, edad,

morfología metatarsiana anormal, hipermovilidad de primer rayo y tendón de Aquiles acortado.

En pacientes con hallux valgus, la anatomía y la biomecánica del pie están sujetas a alteraciones. La inserción del tendón abductor hallucis (AbdH) se desplaza hacia la parte central, contrario a los pacientes sin deformidad (Eustace et al., 1996). Estos cambios pueden constituir un factor importante para la pérdida selectiva de la fuerza abductora en la primera articulación metatarsofalángica (1 MTF) (Arinci Incel, Genç, Erdem y Yorgancioglu, 2003; Eustace et al., 1996). Además, muchos estudios (Arinci Incel, Genç, Erdem y Yorgancioglu, 2003; Eustace et al., 1996; Hoffmeyer et al., 1988; Kilmartin, Barrington y Wallace, 1991) indican desequilibrio de la fuerza muscular entre los músculos abductor y aductor. (Mortka K. y cols, 2018).

La progresión de la deformidad se ve como un desplazamiento en la alineación de la primera articulación metatarsofalángica (MTF), por lo que el hallux se desplaza lateralmente y el primer metatarsiano medialmente. Otras alteraciones pueden incluir colapso del arco y balanceo de la parte posterior del pie. Si se deja sin tratar y se le permite progresar a su etapa final, la deformidad hace que la mecánica de la viga del pie sea inefectiva y perjudique la marcha.

La deformidad del hallux valgus suele ir acompañada de un crecimiento excesivo de hueso (exostosis) y tejido que se desarrolla en la eminencia dorsomedial de la primera cabeza del metatarsiano. La ampliación se llama juanete. El área inflamada puede ser dolorosa y puede empeorar la condición. El crecimiento en combinación con la primera desalineación progresiva de la MTF interrumpe aún más la marcha y, por estas razones, los términos juanete y hallux valgus a menudo se usan indistintamente para describir la naturaleza comórbida del trastorno del pie. Las alteraciones en la alineación del arco medial pueden ser un factor de riesgo modificable, ya que la investigación ha identificado la eversión del calcáneo y la aducción del primer metatarsiano como factores causales. (Glasoe, W. M, 2016).

El Hallux valgus en pacientes juveniles es muy probablemente causado por el pie en posición equino, especialmente por el acortamiento del gastrocnemio aislado, que se transmite a través de la dirección oblicua de las partes mediales de la aponeurosis plantar y la debilidad del abductor hallucis. (Barouk, 2014)

Muchos pacientes con juanete leve tienen poco o ningún dolor. Pacientes que presentan síntomas generalmente describen dolor localizado en el aspecto medial de la primera articulación metatarsofalángica. Este es un hallazgo

clínico importante, ya que el dolor dorsal o plantar debería alertar al médico sobre otra patología, como el hallux rigidus o dolor sesamoideo. Los síntomas suelen agravarse con los zapatos, y especialmente con los zapatos de moda con un reducido espacio para los dedos. El dolor también puede verse exacerbado por el movimiento repetitivo de la articulación al caminar, correr y practicar deportes durante mucho tiempo. Ocasionalmente puede irradiarse proximalmente desde el nervio cutáneo medial dorsal a medida que corre sobre la Metatarso falángica.

El tratamiento no quirúrgico del hallux valgus incluye estiramiento del zapato, almohadillas y tirantes locales.

Los pacientes se consideran candidatos quirúrgicos apropiados si tienen un dolor crónico y sustancial que no se alivie con el uso razonable de zapatos o el estiramiento del zapato.

En cuanto al tratamiento quirúrgico, las deformidades más leves pueden abordarse con un procedimiento de "McBride modificado", en el cual las estructuras laterales contraídas de la articulación MTF se liberan mientras que, medialmente, la eminencia del metatarsiano se raspa y la cápsula de la articulación se acorta. Esto realinea el hallux en la articulación MTF y, hasta cierto punto, puede corregir el ángulo intermetatarsal elevado.

### **3.7.10. Pes Planus**

Se cree que el pie plano valgo se debe fundamentalmente a una falla de las restricciones estáticas que conduce a la sobrecarga de sinovitis del Tibial Posterior lo que produce una falla del arco longitudinal medial y una alteración en la tracción mecánica del tendón de Aquiles. (Pecheva M. y cols, 2018).

En esta alteración el tendón de Aquiles queda lateral al eje de la articulación subtalar, lo que permite que se convierta en un eversor continuo del retropié acelerando la deformidad en valgo. La incapacidad del tendón tibial posterior para bloquear la articulación tarsal transversa da como resultado la pérdida del brazo de palanca rígido del pie al empujar, lo que acelera el desgaste del ligamento en resorte con cada ciclo de marcha. El trauma y la inflamación fueron propuestos como los factores etiológicos más comunes posibles. (Ramineni S.K, 2017).

### **3.7. 11. Pes Cavus.**

El pie cavo, frecuentemente conocido como el "pie arqueado alto" o "pie cavoide", es una condición médica, en la cual el arco longitudinal medial (ALM) se encuentra con un aumento en su altura, se acepta que es rígido

estructuralmente, y que corresponde a una deformidad complicada, puede causar una posición en equino del antepié, o el varo del retropié. Esta condición del pie ocurre bilateralmente en el 8-15% de la población. Se sabe que comúnmente es causada por el tacón alto o por enfermedades como Charcot-Marie-Tooth y la polio que transforman el sistema musculoesquelético y producen una rotación interna excesiva de la articulación del tobillo y la rodilla. También es producido por músculos contraídos, la mayoría de los pacientes con pie cavo presentan alteración de carácter idiopático. (Choi J. Y cols, 2015).

### **3.8 Diagnóstico y evaluación de trastornos en el pie.**

El examen físico es la base para el diagnóstico de trastornos del pie. Lamentablemente, faltan estudios de sensibilidad y especificidad de signos de exploración física. Es de esperar que el uso rutinario de Ecografía y la Resonancia Nuclear Magnética puedan iniciar más estudios basados en la evidencia en los signos de exploración física. Es muy importante la inspección de la piel, callosidades y deformidades como hallux valgus, dedos en martillo, pie plano, valgo y deformidad en varo. El pie debe ser

inspeccionado en todos los aspectos, tanto en la posición con carga como en la posición sin carga. Es esencial inspeccionar la marcha del paciente para poder evaluar la participación de la rodilla, la cadera y la columna vertebral.

## **Imagenología y Exámenes**

### **3.8.1 Rayos x**

Los rayos X ofrecen una buena visión general del tobillo y las articulaciones pequeñas del pie y son capaces de detectar patologías osteoarticulares bastante grandes, deformidades óseas, fracturas por estrés, huesos accesorios, erosiones, periostitis y espolones óseos.

### **3.8.2 Ecografía**

La ecografía del tobillo, los ligamentos y tendones circundantes, que incluyen anatomía normal y cambios patológicos, se evidenciaron de manera excelente en diferentes centros de investigación. Se concluyó que la ecografía es una excelente herramienta para el diagnóstico de tendinitis, tenosinovitis, desgarros de tendones (de espesor total y parcial, transversal y subluxación del tendón longitudinal), derrame articular y bursal, daño ligamentoso, fascitis plantar, ganglios, neuroma de Morton, masas de tejidos blandos y cuerpos extraños no metálicos.

### **3.8.3 Tomografía computarizada (TC)**

La tomografía computarizada es la mejor modalidad de imagen para detectar y evaluar en detalle las patologías óseas que afectan la corteza ósea y las trabéculas.

### **3.8.4. Imagen de resonancia magnética (IRM)**

El uso de imágenes de resonancia magnética es un excelente método para visualizar los tejidos blandos, incluida la membrana sinovial, casi en detalle anatómico, pero también muestra cartílago hialino y es un método único para representar la médula ósea. Una Revisión sistemática de IRM enumera todas las ventajas actualmente disponibles de este método de imagenología, incluida la detección de erosiones tempranas, la cuantificación de la inflamación sinovial, las patologías de los tendones y las fracturas por insuficiencia. La RMN es útil para evaluar el cartílago, y los métodos de RM también han sido desarrollado para la cuantificación de la concentración de glicosaminoglicano (GAG). (Bálint G. y cols, 2003)

Todos pueden desarrollar durante el ciclo vital una condición de discapacidad, permanente o transitoria, siendo por lo tanto un problema universal.

Esta revisión sistemática busca recopilar información sobre la disfunción del gastrocnemio y relacionarlo como agente causal de alteraciones musculoesqueléticas de pie, con el fin de que en un futuro próximo se pueda realizar una pesquisa temprana de esta alteración, evitando así la generación de patologías y discapacidades que basados en las descripciones epidemiológicas presentadas en el marco teórico de esta revisión son altamente prevalentes debido a su multifactorial etiología, son patologías costosas y prevenibles con la pesquisa temprana y el tratamiento terapéutico adecuado.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo General:**

Determinar, mediante una revisión sistemática, si la disfunción del músculo gastrocnemio produce alteraciones músculo esqueléticas en el pie.

### **4.2 Objetivos Específicos**

**4.2.1** Identificar Anatomía disfuncional del músculo gastrocnemio.

**4.2.2** Evidenciar modificaciones mecánicas presentes en la disfunción del músculo gastrocnemio.

**4.2.3** Describir los mecanismos fisiopatológicos que conllevan a la alteración músculo esquelética de pie.

**4.2.4** Establecer la relación entre los hallazgos que determinan un gastrocnemio disfuncional y las alteraciones músculo esqueléticas del pie.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 Estrategia de búsqueda

La búsqueda de los artículos que se utilizarán para esta revisión sistemática considerarán artículos de investigación desde el mes de enero del 2015 hasta diciembre del año 2019.

Se definieron las palabras clave o términos MeSH (Medical Subject Headings), estableciendo inicialmente dos palabras claves, siendo estas “Muscle dysfunction of the gastrocnemius” y “Foot musculoskeletal alterations”. A partir de estas se construyeron dos familias de palabras, en base a sugerencias propuestas por docentes del área de investigación de la Escuela de Kinesiología de la Universidad de Valparaíso, quienes sugieren que, para llevar a cabo una investigación de la forma más integral posible, es mejor utilizar la mayor cantidad de palabras relacionadas a la temática, en lugar de solamente utilizar dos palabras claves, ya que, esto limitaría en demasía la investigación. Las familias de palabras claves, se expondrán a continuación:

1. *“Muscle dysfunction of the gastrocnemius”* (gastrocnemius OR gastrocnemius contracture OR gastrocnemius shortening OR gastrocnemius stiffness OR gastrocnemius tightness OR gastrocnemius inflexibility).
  
2. *“Foot musculoskeletal alterations”* (plantar fasciitis OR metatarsalgia OR non-traumatic osteoarthritis in the midfoot OR hallux rigidus OR hallux valgus OR pes planus OR flat foot OR pes cavus OR high arch in the foot OR hammertoe OR mallet toe OR claw toe OR overlapping toes OR bunionette OR insertional tendonitis of the calcaneal tendon OR posterior tibial tendon dysfunction OR achilles tendinitis OR heel spur).

Ambos conjuntos anteriores de familias de palabras (1 y 2), corresponden a las distintas combinaciones que se utilizarán para llevar a cabo la investigación utilizando los recursos electrónicos brindados por las plataformas o bases de datos que se describirán más adelante.

El título de búsqueda, se redactará utilizando los operadores booleanos AND y OR en las plataformas digitales especializadas en el uso de artículos científicos.

La selección de las bases de datos comenzó de una lista de 4 buscadores recomendados por el bibliotecario referencista Juan Espinoza Hormazábal, siendo el mismo, quien determinó relevantes para el tema de investigación las siguientes bases de datos: Wiley Online Library, Scopus, Researchgate y Springerlink.

Posterior a esto se llevó a cabo una reunión con dos docentes pertenecientes al área de investigación de la Escuela de Kinesiología de la Universidad de Valparaíso quienes en base a su experiencia recomendaron agregar la base de dato Pubmed y excluir la base de datos Researchgate.

Se evaluó la validez y pertinencia de estos buscadores, a través del factor de impacto (IF) de las revistas de los primeros 15 artículos de cada base de datos. Para ello, se realizó la búsqueda con las palabras claves definidas al inicio, siendo estas: “Muscle dysfunction of the gastrocnemius” AND “Foot musculoskeletal alterations”.

Se optó por las bases de datos donde se obtuviera en más del 50% de los 15 artículos un factor de impacto mayor o igual a uno ( $IF \geq 1$ ).

Finalmente se seleccionaron las siguientes bases de datos: Scopus, Wiley Online Library, Springerlink y Pubmed.

A continuación, se describe el método de búsqueda para cada buscador:

### **Scopus**

Se realizará la búsqueda utilizando las siguientes combinaciones de palabras:

Gastrocnemius OR Gastrocnemius contracture OR Gastrocnemius shortenning OR Gastrocnemius stiffness OR Gastrocnemius tightness OR Gastrocnemius inflexibility **AND** Plantar Fasciitis OR metatarsalgia OR non-traumatic osteoarthritis in the midfoot OR hallux rigidus OR hallux valgus OR pes planus OR flat foot OR pes cavus OR high arch in the foot OR hammertoe OR mallet toe OR claw toe OR overlapping toes OR bunionette OR insertional tendonitis of the calcaneal tendon OR posterior tibial tendon dysfunction OR achilles tendinitis OR heel spur.

Luego se aplicaron los siguientes filtros en el buscador:

- Tipo de Artículo: Artículo de investigación.
- Año de publicación: Entre 2015-2019.

- Idioma: español- inglés.

### **Wiley Online Library**

Se procederá a realizar la búsqueda utilizando las siguientes combinaciones de palabras: Gastrocnemius OR Gastrocnemius contracture OR Gastrocnemius shortenning OR Gastrocnemius stiffness OR Gastrocnemius tightness OR Gastrocnemius inflexibility **AND** Plantar Fasciitis OR metatarsalgia OR non-traumatic osteoarthritis in the midfoot OR hallux rigidus OR hallux valgus OR pes planus OR flat foot OR pes cavus OR high arch in the foot OR hammer toe OR mallet toe OR claw toe OR overlapping toes OR bunionette OR insertional tendinitis of the calcaneal tendon OR posterior tibial tendon dysfunction OR achilles tendinitis OR heel spur.

Posteriormente se le aplicaron los siguientes filtros:

- Tipo de publicación: Artículo de investigación.
- Año de publicación: 2015 - 2019.

En la presente base de datos “Wiley Online Library”, no se aplicó el criterio de filtrado por lenguaje, ya que, dicho motor de búsqueda no entrega la opción para aplicar el filtro mencionado.

## **Springer Link**

Se utilizarán las siguientes combinaciones de palabras: Gastrocnemius OR Gastrocnemius contracture OR Gastrocnemius shortening OR Gastrocnemius stiffness OR Gastrocnemius tightness OR Gastrocnemius inflexibility AND Plantar Fasciitis OR metatarsalgia OR non-traumatic osteoarthritis in the midfoot OR hallux rigidus OR hallux valgus OR pes planus OR flat foot OR pes cavus OR high arch in the foot OR hammertoe OR mallet toe OR claw toe OR overlapping toes OR bunionette OR insertional tendonitis of the calcaneal tendon OR posterior tibial tendon dysfunction OR achilles tendinitis OR heel spur.

A la cual se le aplicaron los siguientes filtros:

- Tipo de publicación: Artículo de investigación.
- Año de publicación: 2015 - 2019.
- Idioma: español -inglés.

## **Pubmed**

Se procederá a realizar la búsqueda utilizando las siguientes combinaciones de palabras Gastrocnemius OR Gastrocnemius contracture OR

Gastrocnemius shortening OR Gastrocnemius stiffness OR Gastrocnemius tightness OR Gastrocnemius inflexibility **AND** Plantar Fasciitis OR metatarsalgia OR non-traumatic osteoarthritis in the midfoot OR hallux rigidus OR hallux valgus OR pes planus OR flat foot OR pes cavus OR high arch in the foot OR hammer toe OR mallet toe OR claw toe OR overlapping toes OR bunionette OR insertional tendonitis of the calcaneal tendon OR posterior tibial tendon dysfunction OR achilles tendinitis OR heel spur.

A la cual se le aplicaron los siguientes filtros:

- Tipo de publicación: Ensayo clínico.
- Año de publicación: 2015 - 2019
- Idioma: inglés
- Filtro: Sólo Humano

La base de datos “Pubmed”, permite añadir un filtro adicional para realizar búsquedas en artículos que hayan sido realizados exclusivamente en la especie humana, de tal forma, que excluye los estudios realizados en otras especies.

## **5. 2. Selección de artículos**

Tras realizar la búsqueda con las palabras clave se aplican los siguientes criterios de aceptación:

### **5. 2. 1- Criterios temáticos de aceptación**

- Publicaciones entre los años 2015 y 2019.
- Publicaciones que solo sean artículos de investigación de estudios primarios: Control de casos, cohorte, controlados aleatorizados.
- Estudios publicados en idioma inglés y español.
- Estudios realizados en humanos.
- Estudios referidos sólo al área musculoesquelética.
- Estudios que hagan referencia a la disfunción del músculo gastrocnemio: contracture or shortening or stiffness or tightness or inflexibility.

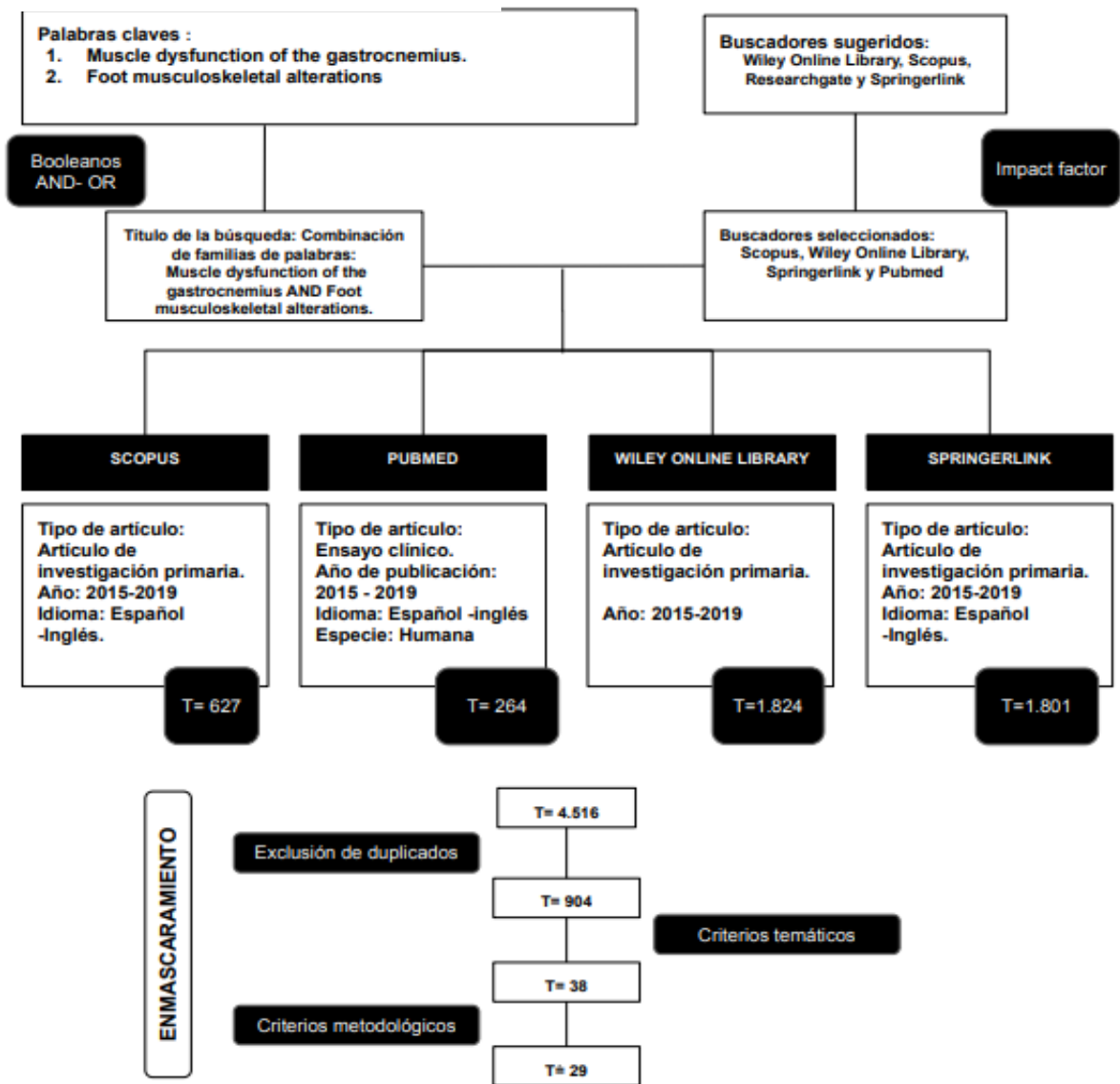
### **5.2.2 Criterios metodológicos de aceptación**

Estudios que posean un factor de impacto  $\geq 1$ .

### 5.2 3. Flujograma

La estrategia de búsqueda y sus resultados se muestran en el siguiente flujograma.

**Ilustración 1 Flujograma**



#### **5.2. 4. Recopilación de datos de los artículos**

De acuerdo con el flujograma mencionado anteriormente, se obtendrá una cantidad  $x$  de resultados correspondiente a la sumatoria de los artículos encontrados en todas las bases de datos. Posteriormente, mediante el software Mendeley™, se excluirán los artículos duplicados.

Se decide realizar enmascaramiento por parte de los 4 tesis, en donde cada uno revisará el total de artículos mencionados anteriormente.

Seguido a esto, se analizarán los artículos en relación con el cumplimiento de los criterios de aceptación temáticos. Finalmente, los artículos serán sometidos a los criterios metodológicos, aplicando el criterio de factor de impacto.

#### **5.2.5. Calidad metodológica**

La calidad metodológica será evaluada, a través del parámetro de evaluación de calidad denominado Impact Factor (IF). Este indicador es una herramienta o parámetro de evaluación de calidad, de ayuda para seleccionar los artículos más relevantes, evaluando el número de citas que reciben los artículos publicados en las revistas en los dos últimos años y esto se divide por el número de documentos (citables), publicados por la revista en el mismo

periodo de tiempo, de tal forma que mientras más veces sea citado el artículo, mayor será su impact factor. (Beltrán, 2006; Pacheco, 2012).

El puntaje de aceptación de IF será de  $\geq 1.0$ , establecido de manera consensuada por el equipo de investigación y los docentes del área de investigación de la Escuela de Kinesiología de la Universidad de Valparaíso.

## 5.2.6 Definición de las variables

**Tabla 1 Definición de las variables**

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores de evaluación
<i>Muscle dysfunction of the gastrocnemius</i>	Alteración de la estructura y función del músculo gastrocnemio de origen multifactorial, en la que existe un acortamiento, rigidez relativa, inflexibilidad o contractura de este músculo producto de factores internos y externos.		
<b>Dimensiones</b>			
Gastrocnemius	Músculo digástrico, fusiforme, voluminoso y superficial ubicado en el compartimento posterior de la pierna	Músculo biarticular que cruza el tobillo y la rodilla, funciona como flexor plantar de pie y flexor de rodilla.	
Contracture	Cambios musculares únicos que aumentan la rigidez pasiva del músculo y limitan la movilidad de las articulaciones sin ninguna producción de fuerza activa de los músculos.	Provoca incapacidad a la articulación para realizar rangos completos de movimientos y la resistencia excesiva durante la movilización pasiva de la articulación.	Palpación de músculo ¿?
Shortenning	Pérdida de sarcómeros en serie en las fibras musculares.	Evitan la excursión completa de la articulación.	Hay varias formas de medir la tensión del gastrocnemio, incluida la prueba de Silfverskiöld en donde la rigidez de > 13 ° puede considerarse anormal.

			Lunge test en donde la distancia entre la pared y el dedo gordo <10 cm es considerado limitado con presencia de acortamiento.
Rigidez	Es una propiedad normal de los músculos y se refiere a la resistencia presente durante la elongación pasiva del músculo y el tejido conectivo.	Contribuye a la alineación, a menudo la estabilidad e incluso el momento y la efectividad del evento mecánico relacionado con la contracción muscular.	Se usó ultrasonografía para determinar el desplazamiento de la unión miotendinosa del gastrocnemio medial (GM) durante la dorsiflexión pasiva. Electrogoniometría y dinamometría para ver la rigidez muscular relativa que se calculó como desplazamiento distal en relación con la longitud muscular en reposo, y como torque pasivo en relación con el torque de contracción voluntaria máxima de flexión plantar.

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Indicadores de evaluación</b>
<i>Foot musculoskeletal alterations</i>	Lesiones que comprometen huesos, tendones, músculos, ligamentos o una combinación de estas estructuras.	Suelen deberse a tensiones suprafisiológicas que superan la estabilidad intrínseca del aparato musculoesquelético.	
<b>Dimensiones</b>			

Fascitis plantar	Proceso degenerativo de la fascia y sus estructuras perifasciales.	Se produce una rotura microscópica de colágeno o degeneración quística en el origen de la fascia plantar que causa dolor e inflamación.	La inserción del talón medial plantar es el área más común de dolor. (ardor, hormigueo).  RM para descartar tejidos blandos o lesiones óseas.
Metatarsalgia	Condición dolorosa localizada en la región plantar del antepié entre las cabezas de metatarsiano 2 y 4 y/o la articulación metatarsofalángica.	La presión continua en las cabezas metatarsianas induce inflamación del tejido blando plantar, así como queratosis reactiva de la piel y callosidades dolorosas.	Dolor en la región plantar del antepié principalmente.
Artritis no traumática en el medio pie	Enfermedad que involucra alteraciones estructurales en el cartílago articular, el hueso subcondral, ligamentos, cápsula, membrana sinovial y músculos periarticulares.	Se asocia con deterioro del movimiento, deformidad estructural y aumento de la presión del pie.	El dolor es el síntoma dominante  Examen físico: presencia de dolor a la palpación, end feel duro, enrojecimiento, inflamación y disminución del rango de movimiento  Exámenes complementarios radiológico
Hallux rigidus	Afección dolorosa del dedo gordo del pie caracterizada por la restricción del arco de movimiento de la articulación metatarsofalángica y la	Alteración caracterizada por defectos osteocondrales de la cabeza metatarsiana y ángulo de hallux interfalángico aumentado.	Radiografías con peso en los pacientes con sospecha de hallux rigidus. Formación de osteofitos dorsales y el estrechamiento del espacio articular.

	formación progresiva de osteofitos.		
Hallux valgus	Desviación lateral del primer orjejo que conduce a una deformidad en la articulación metacarpofalángica desarrollando una prominencia ósea secundaria.	La inserción del tendón abductor hallucis se desplaza hacia la parte central, hay pérdida selectiva de la fuerza abductora, desplazamiento en la alineación, caída de arco plantar, además del crecimiento excesivo de hueso en la eminencia dorsomedial de la cabeza del primer metatarsiano.	Dolor localizado en el aspecto medial de la primera articulación metatarsfalángica.  Desarrollo de prominencia ósea secundaria en la cabeza del primer metatarsiano.
Flat foot/ Pes planus	Descenso del arco medial plantar luego de haber alcanzado el desarrollo completo.	Falla del arco longitudinal medial. Se describe una alteración en la tracción mecánica del tendón de Aquiles, se transforma en eversor del retropié.  Hay una pérdida del brazo de palanca rígido del pie, lo que acelera el desgaste de ligamentos.	Medidas en base a una radiografía donde el valor del primer ángulo metatarsiano del calcáneo fuese superior a 40 grados, o el ángulo de inclinación del calcáneo era superior a 20 grados.  Medida altura del escafoides en pie Plano: 2,72 - 4,08 cm  Índice de la Impresión del Pie, fotopodograma, pedigrafía o examinación clínica que demuestre alteración (caída) en el arco plantar medial.
Pes cavus/ High arch in the foot	Deformidad en la cual el arco longitudinal medial (ALM) se encuentra con un aumento en su altura. Según su posición en el	Existe una posición en equino del antepié, o conjuntamente un varo del retropié.	Las principales pruebas complementarias de diagnóstico son las proyecciones radiográficas en carga, donde se demuestra una

	plano sagital, el pie cavo puede ser anterior, posterior o mixto	<p>Se caracteriza por una rotación interna excesiva de la articulación del tobillo.</p> <p>Anterior: desequilibrio entre los músculos que traccionan el pie tiende a verticalizar los metatarsianos.</p> <p>Posterior: Cuando hay parálisis del tríceps sural ocurre una falta de tracción del Aquiles y el calcáneo se verticaliza y asciende por su parte anterior.</p>	<p>disminución del ángulo de Moreau-Costa-Bartani y del ángulo de divergencia astrágalo calcáneo.</p> <p>Según la huella plantar, clasificamos este pie en precavo o cavo de primer o segundo grado, dependiendo de la desnivelación del arco.</p>
Hammertoe	<p>Deformidad de extensión fija (flexión dorsal) en la articulación metatarsofalángica más:</p> <p>-Una deformidad de flexión fija de la articulación interfalángica proximal.</p>	<p>El desequilibrio entre los músculos flexores y extensores de los dedos del pie puede ser una causa principal de las deformidades de los dedos en garras y en martillo. Se ha sugerido que los músculos flexores de los dedos del pie atrofiados o débiles están asociados con la formación de estas deformidades. Se ha estudiado que las personas con deformidades menores de los dedos del pie mostraron un grosor de Tejido blando significativamente menor en las 5 cabezas metatarsales en comparación con los controles.</p>	<p>Foot Posture Index. Los dedos de los pies se definieron en garra o martillo si la articulación metatarsofalángica estaba en una posición extendida</p>
Mallet toe	<p>-Una deformidad de flexión fija de la articulación interfalángica distal.</p>		
Claw toe	<p>-Una deformidad de flexión fija de la articulación interfalángica proximal y distal.</p>		
Bunionette	Deformidad de Bunionette (Tailor s	Ensanchamiento del ángulo	Examen físico enfocado a buscar alineación

	Bunion, o Digitus Quintus Varus) es una prominencia ósea dolorosa en el aspecto lateral de la quinta cabeza metatarsiana	intermetatarsiano 4to / 5to (M4M5) con inclinación del varo asociada en la 5ta articulación metatarsofalángica (M5P1).	incorrecta y presencia de deformidades La evaluación radiográfica incluye vistas anteroposterior, oblicua y lateral del pie que soporta el peso.
Insertional tendinitis of the calcaneal tendon	Proceso patológico inflamatorio agudo que involucra cambios inflamatorios dentro de la sustancia del tendón o de la capa tendinosa circundante, el peritenón.	Degeneración de las fibras del tendón de Aquiles en la inserción en el calcáneo	Historia y examen físico  Radiografías: detecta morfología ósea anormal
Posterior tibial tendon dysfunction	Espectro de patología que va desde la tendinosis aislada hasta la deformidad del pie y adulto adquirida secundaria que puede ser flexible o fija dependiendo de la gravedad.	Microtrauma repetitivo en el tendón tibial posterior que conduce a Respuesta inflamatoria o degenerativa que finalmente conduce a una disfunción del tendón	Atenuación del arco debido al valgo de la parte posterior con la abducción del antepié Examen de pie descalzo para evaluar la alineación. Hinchazón del TTP y pruebas de ROM revelan contractura del gastrocnemio. Elevación del talón evalúa la competencia del TTP. Radiografía de pie y el tobillo indicada para evaluar fuente del dolor y alineación.
Achilles tendinitis	La tendinopatía es un término general que incluye tendinitis y tendinosis	proceso patológico inflamatorio agudo que involucra cambios dentro de la sustancia del tendón o de la capa tendinosa circundante, el peritenón.	diagnóstico de la tendinopatía de Aquiles se basa en gran medida en la historia y el examen físico
Heel spur	Brotos óseos que surgen justo antes del proceso medial de la	Crecimiento óseo de la tuberosidad del calcáneo	Etiología: teorías degenerativas, inflamatorias, de

	tuberosidad del calcáneo		tracción, traumáticas repetitivas, formadoras óseas y de compresión vertical.
--	--------------------------	--	---

#### **4. RESULTADOS**

De acuerdo con el flujograma mencionado anteriormente, se obtuvo una cantidad de 4.516 artículos correspondiente a la sumatoria de los artículos encontrados en todas las bases de datos. Posteriormente, mediante el software Mendeley™, en primera instancia se excluyeron los artículos duplicados quedando una cantidad de 943 artículos.

Se decide realizar enmascaramiento por parte de los cuatro tesisistas y el profesor guía. Este procedimiento se realizó a través de la plataforma online de revisiones sistemáticas Rayyan Qcri. Dentro de la plataforma se excluyeron 39 artículos automáticamente los cuales fueron considerados como duplicados, por lo tanto, el número total de artículos a analizar fue de 904.

Cada uno de los evaluadores revisó el total de artículos mencionados anteriormente y analizando el cumplimiento de los criterios de aceptación temáticos. Cada evaluador podía clasificar el artículo como “incluido”, “excluido” o “tal vez”. Para este proceso se obtuvo un resultado de:

La coincidencia de artículos “incluidos” entre todos los evaluadores fueron seleccionados automáticamente, obteniéndose una cantidad de 7 artículos.

Aquellos artículos definidos como “tal vez”, fueron analizados por el docente guía, que incluyó 31 artículos, quedando un total de 38 artículos.

Finalmente, los 38 artículos fueron sometidos a los criterios metodológicos, aplicando en primer lugar el criterio de factor de impacto y/o cuartil obteniendo una cantidad definitiva de 29 artículos.

## 6.1 Caracterización de los artículos incluidos

**Tabla 2 Caracterización de artículos incluidos**

Nombre	Autor/Año	Muestra/e dad/País	Objetivo	Metodología del Estudio	Conclusiones
1. The effect of cadence on the muscle-tendon mechanics of the gastrocnemius muscle during walking	Brennan, S, <i>et al</i> (2017)	15 participantes saludables/ 24 años SD 3,5/ Escandinavia.	Examinar los efectos de la cadencia en la interacción del músculo gastrocnemio medial (GM) y el tendón, y examinar cómo esto podría influir en la energía de las extremidades inferiores.	Se midió la cinemática y la cinética de las extremidades inferiores con electromiografía de superficie del tríceps surae y la longitud del fascículo GM, mediante ecografía, durante la marcha a una velocidad constante con la cadencia y las compensaciones preferidas de los participantes.	Caminar a baja cadencia requiere más trabajo de acortamiento de GM, mientras que la función muscular y tendinosa de GM cambia poco para cada zancada a cadencias más altas, lo que aumenta los costos de activación acumulativos debido al aumento de pasos por minuto.
2. Stiffness mapping of	Le Sant, G, <i>et al</i> (2017)	Adultos jóvenes	Caracterizar las variaciones de	Se evaluó el comportamiento	Existe una alta variabilidad del

<p>lower leg muscles during passive dorsiflexion</p>		<p>sanos voluntarios.</p> <p>Experimento 1 (n = 22; 7 mujeres; 21.5 ± 2.4 años; altura 175 ± 8 cm; peso 71.3 ± 7.3 kg)</p> <p>Experimento 2 (rodilla flexionada; n = 20; 4 mujeres; 21.5 ± 2.1 años; altura 174 ± 9 cm; peso 68.0 ± 8.1 kg).</p>	<p>rigidez entre y dentro de los músculos de la pierna durante una dorsiflexión pasiva de tobillo.</p>	<p>pasivo (índice de rigidez) de los músculos inferiores de la pierna durante la dorsiflexión pasiva realizada con la pierna completamente extendida (experimento 1) o con la pierna flexionada a 90 ° (experimento 2).</p>	<p>módulo de corte dentro y entre los músculos de las extremidades inferiores durante una dorsiflexión pasiva. Esto podría usarse para evaluar los cambios locales en la rigidez muscular con el envejecimiento, la progresión de la enfermedad y la rehabilitación.</p>
<p>3. Gastrocnemius tightness: A population based observational study</p>	<p>Chan O., <i>et al</i> (2019)</p>	<p>400 adultos sin patología obvia de pie y tobillo de 40,2±/- 13,1 años. Reino unido.</p>	<p>Cuantificar la tensión gastrocnemio en la población normal sin patología conocida e identificar cualquier variación en la tensión del gastrocnemio debido a la demografía de los participantes.</p>	<p>Se cuantificó la tensión del gastrocnemio utilizando una prueba de estocada con soporte de peso. Se midió la dorsiflexión máxima de tobillo-pie con la pierna en extensión completa y flexionada a 20 ° y se calculó el índice de dorsiflexión tobillo-pie o IDA).</p>	<p>El rango de dorsiflexión máxima del tobillo varía ampliamente, por lo tanto, no es una variable útil en sí misma. Se recomienda utilizar IDA. Los valores de IDA superiores a 13° (&gt; 2 DE de la media), medidos por la prueba de estocada, pueden considerarse anormales.</p>
<p>4. Prevalence of isolated gastrocnemius</p>	<p>Malhotra K., <i>et al</i> (2018)</p>	<p>291 voluntarios adultos</p>	<p>Investigar la prevalencia y cuantificar el</p>	<p>Se comparó la tensión gastrocnemio,</p>	<p>La mayoría de los pacientes con patología de</p>

s tightness in patients with foot and ankle pathology		sanos de 46.4 +/- 12,6 años y 97 pacientes con patología de pie y tobillo (PAF) de 49.2 +/- 14.0 años. Reino Unido.	grado de tensión del gastrocnemio en pacientes con afecciones del pie y el tobillo en comparación con la población normal.	según la prueba de estocada, en un grupo control y un grupo con patología de pie y tobillo. La tensión del gastrocnemio se calculó como la diferencia en la dorsiflexión del tobillo con la pierna extendida y flexionada.	pie y tobillo no tienen grados anormales de tensión gastrocnemio (>13°) en comparación con los controles, pero está presente en más de un tercio de los pacientes con patología del antepié.
5.Association Between Plantar Fasciitis and Isolated Gastrocnemius Tightness	Nakale N., <i>et al</i> (2018)	Tres grupos: 45 pacientes con fasciitis plantar (grupo 1), 117 pacientes con patología de pie y tobillo que no sea fasciitis plantar (grupo 2) y 61 pacientes sin patología de pie y tobillo (grupo 3) → 52.8 (rango, 21 a 82) años de edad.	Determinar la asociación entre fasciitis plantar y la contractura aislada del gastrocnemio (CAG) y comparar la prevalencia de CAG en pacientes con fasciitis plantar, otras patologías de pie y tobillo, y pacientes sin patología de pie y tobillo.	Se utilizó la prueba de Silfverskiöld para detectar la presencia de CAG. La prueba se consideró positiva si la diferencia en el rango de dorsiflexión era de 10 grados o más con un goniómetro.	Hubo asociación muy fuerte entre CAG y fasciitis plantar y una fuerte asociación entre CAG y otras patologías de pie y tobillo. También señala el género femenino y la mediana edad como factores de riesgo adicionales para la fasciitis plantar.
6.Gastrocnemius Contracture in Patients	Jastifer J., <i>et al</i> (2016)	66 participantes para el grupo	Informar los resultados de la dorsiflexión del tobillo en	Se midió el rango de movimiento del tobillo de 3 maneras:	Los pacientes con dolor en el pie y el tobillo tuvieron menos

with and Without Foot Pathology		tobillo pie con una media de 50 años de edad y 66 participantes en el grupo control con una media de 53 años de edad.	pacientes con y sin patología del pie.	1. Estimación clínica 2. Goniómetro 3. Dispositivo Iowa Ankle Range of Motion (IAROM)	dorsiflexión del tobillo que el grupo de control.
7. Ankle dorsiflexion: ¿what is normal? Development of a decision pathway for diagnosing impaired ankle dorsiflexion and M. gastrocnemius tightness	Baumbach S., <i>et al</i> (2016)	64 sujetos jóvenes asintomáticos de edad media 28,3 ± 4,0 años (18 a 35 años).	Aplicar un procedimiento de examen estandarizado para identificar valores normales para flexión dorsal de tobillo (FDT) y definir una vía de decisión para diagnosticar la dorsiflexión de tobillo alterada y la contractura de M. gastrocnemius (CG).	El FDT se evaluó bilateralmente para cada sujeto, sin carga y con carga de peso, ambos con la pierna extendida y flexionada.  El parámetro principal a evaluar fueron las mediciones de FDT (valores normales).	Se definió una vía de decisión para diagnosticar FDT y CG deteriorados. Los pacientes que presentan patologías asociadas con FDT deteriorada deben ser examinados de acuerdo con el protocolo de examen presentado.
8. Effects of high loading by eccentric triceps surae training on Achilles tendon properties in humans	Geremia J., <i>et al</i> (2018)	15 sujetos varones entre 18-35 años, sanos y activos físicamente	Evaluar los efectos de la alta carga durante un programa de entrenamiento excéntrico de tríceps sural de 12 semanas	Se midieron las propiedades tisulares del tendón calcáneo, tales como elongación, rigidez y cambios en el área de sección transversal (AST) del tendón. Esto se hizo antes del entrenamiento para tener datos basales, a las 4	Se observó hipertrofia tendinosa después de 8 semanas de entrenamiento y contribuyó a un aumento en la rigidez del tendón de Aquiles por cambio en las propiedades de los tejidos

				semanas, después a las 8 y 12 semanas post entrenamiento.	
9. Measurement of gastrocnemius muscle elasticity by shear wave elastography: association with passive ankle joint stiffness and sex differences	Chino K. & Takahashi H. (2016)	52 participantes (26 hombres entre 18-30 años y 26 mujeres entre 20-25 años)	Determinar la asociación entre la elasticidad de un músculo y la rigidez articular pasiva.  Determinar si hay asociación de la rigidez con el sexo del paciente.	Se utilizó un dinamómetro eléctrico para medir parámetros de elasticidad de gastrocnemio medial, en posiciones neutra, flexión plantar y flexión dorsal de tobillo.	1) La elasticidad del músculo gastrocnemio (MG) no se asoció significativamente con la rigidez articular pasiva con el tobillo en FPT o NE, pero fue significativamente asociado en DFT, y  (2) La elasticidad MG no fue significativamente diferente entre hombres y mujeres en cualquiera de las posiciones conjuntas probadas
10. Differences in vivo muscle fascicle and tendinous tissue behavior between the ankle plantarflexors during running	Lai A., <i>et al</i> (2018)	10 atletas recreativos (9 hombres y 1 mujer; edad media (DE) = 27.5 (5.6) años.	Identificar y explicar las diferencias en el comportamiento in vivo del fascículo muscular, unidad musculotendinos a y tejido tendinoso de los flexores plantares del tobillo en un rango de velocidades de	Se colocaron pequeños marcadores retroreflectantes en ubicaciones anatómicas específicas. Los participantes corrieron a cuatro velocidades diferentes de estado estacionario utilizando una cadencia y longitud de	Los fascículos musculares del sóleo se acortan más rápido que los fascículos del músculo gastrocnemio durante la posición inicial. Además, el MG (Cabeza medial de músculo gastrocnemio) y LG (cabeza lateral de músculo

			carrera en estado estacionario	zancada auto-seleccionados.	gastrocnemio) exhibieron retrasos en el retroceso del tendón durante la fase de postura, lo que refleja su capacidad de transferir potencia y trabajo entre la rodilla y el tobillo a través del estiramiento del tendón y el almacenamiento de la energía de tensión elástica.
11.. Gastrocnemius muscle architecture and achilles tendon properties influence walking distance in claudicants with peripheral arterial disease	King S., <i>et al</i> (2015)	22 participantes (12 claudicantes y 10 sanos)	Determinar: (1) si PAD-IC (Enfermedad arterial periférica) causa alteraciones in vivo en la arquitectura del músculo gastrocnemio y el material y propiedades mecánicas del tendón de Aquiles  (2) Si estos parámetros influyen en la resistencia al caminar	Con ultrasonido de imagen se cuantifica la arquitectura muscular del gastrocnemio lateral y medial (GL y GM) y se combinaron con dinamometría durante las contracciones del flexor plantar para calcular el estrés del tendón, la tensión, rigidez e histéresis. Los parámetros clave se ingresaron en modelos de regresión múltiple para explicar la resistencia al caminar.	Formas más graves de PAD-IC están asociadas con la remodelación músculo hacia un fascículo GM más grueso.  Entrenamiento de resistencia excéntrica de los músculos flexores plantares puede ser una valiosa intervención para mejorar las propiedades del tendón, la función muscular y en última instancia, la resistencia al caminar.

<p>12. Skin temperature in youth soccer players with functional equinus and non-equinus condition after running</p>	<p>Rodriguez - Sanz D., <i>et al</i> (2018)</p>	<p>35 participantes varones sanos (edad 12.82 ± 1.07 años)</p>	<p>Verificar las diferencias térmicas en tríceps sural entre EGS (Equino de gastrocnemio y sóleo) y el grupo no EGS antes de la actividad y después de la actividad en jugadores de fútbol juveniles.</p>	<p>Se utilizó una ThermaCam IR para verificar los elementos de temperatura media, mínima y máxima del TA (tendón de aquiles) MG (músculo gastrocnemio) El rango de movimiento de flexión dorsal del tobillo se cuantificó con un goniómetro</p>	<p>Los futbolistas juveniles con equino funcional del complejo gastrocnemio-sóleo presentaron una temperatura mayor del tendón de Aquiles y del gastrocnemio después de una ligera actividad de carrera que los participantes no equinos en su lado dominante. Los jugadores de fútbol juvenil EGS mostraron una temperatura de piel TA más alta.</p>
<p>13. The influence of aging on the insertion of the Achilles tendon: A magnetic resonance study</p>	<p>Pekala P., <i>et al</i> (2019)</p>	<p>202 participantes (edad media 40.15 ± 18.58 años, 97 mujeres - 48%, 105 hombres - 52%)</p>	<p>Examinar las variaciones del punto de inserción del tendón de Aquiles (TA) en el hueso calcáneo (HC) en relación con la edad y el sexo mediante resonancia magnética.</p>	<p>Se evaluaron las resonancias magnéticas y se sacaron medidas como: (A) altura del HC (B) altura de la cara posterior del HC (C) distancia entre el punto más inferior del HC y el punto más bajo de la inserción del TA en el HC (D) distancia entre el punto más superior de la cara posterior del HC y el</p>	<p>El punto de inserción terminal del TA en el HC en sujetos más jóvenes fue más distal, mientras que en individuos mayores fue más proximal. Estos resultados podrían ayudar en el desarrollo estrategia de tratamiento de lesiones TA en grupos de edad de pacientes particulares.</p>

				punto más bajo de la inserción TA (E) longitud horizontal de la inserción TA en la cara posterior del HC.	
14. Validation of a weight bearing ankle equinus value in older adults with diabetes	Mosteo A., <i>et al</i> (2018)	144 participantes  -104 participantes grupo DA mayores de 65 años -40 participantes grupo YA mayores de 45 años	Validar que la dorsiflexión del tobillo WB <30 grados representa un WB rango restringido de dorsiflexión (un equino WB)	La dorsiflexión del tobillo se midió mediante una prueba de estocada con la pierna extendida en adultos jóvenes sin diabetes (YA) y adultos mayores con diabetes (DA). Se calculó la correlación de Spearman para determinar cualquier asociación entre la presencia de tobillo equino y variables de presión plantar en el grupo DA.	Un rango <30° en dorsiflexión de tobillo, representa un rango restringido en adultos jóvenes y se correlaciona con el aumento de las variables de presión plantar del antepié en adultos mayores con diabetes.
15. Regional three-dimensional deformation of human Achilles tendon during conditioning	Nuri L <i>et al</i> (2017)	18 adultos sanos (edad: 29,3 ± 3,9 años, altura: 178 ± 8,5 cm, y masa corporal: 76,1 ± 8,2 kg) de la comunidad universitaria. Sólo se reclutaron participantes	Determinar el efecto de un protocolo de acondicionamiento que consiste en sucesivas contracciones de flexión plantar isométrica submáximas sobre la deformación longitudinal de todo el TA, la aponeurosis y el TA libre y la	Los participantes completaron contracciones isométricas de flexión plantar de 10 × 25 s en el (50% MVIC) durante el cual se obtuvieron ecografías de sus datos de TA y EMG de los músculos de la pierna seleccionada. Los escaneos en	La deformación longitudinal <i>in vivo</i> de TA humano durante el acondicionamiento se debe principalmente al TA libre que se acopló a una deformación transversal correspondiente al condicionamiento del TA libre

		s masculinos	deformación transversal del TA libre	reposo se adquirieron inmediatamente antes y después de las 10 contracciones de acondicionamiento.	que fue más pronunciado dentro de la porción media, reflejando factores estructurales y / o mecánicos que son exclusivos de esta región. El condicionamiento longitudinal y transversal de TA ocurre simultáneamente en todo el tendón después de tres contracciones de flexión plantar de 25 s al 50% de MVIC del TA. Que las longitudes del TA completo, la aponeurosis y las longitudes de TA libre inmediatamente después del acondicionamiento se habían recuperado dentro del 1% de sus longitudes de reposo correspondientes y dentro del 6% del AST en reposo para las porciones proximal, media y distal de las porciones libres TA, son
--	--	--------------	--------------------------------------	--	---

					ampliamente indicativos de los efectos transitorios y no dañinos del acondicionamiento del tendón.
16. Forefoot and rearfoot contributions to the lunge position in individuals with and without insertional Achilles tendinopathy	Chimenti R., <i>et al</i> (2016)	32 individuos en total siendo 16 personas con tendinopatía de Aquiles de inserción unilateral reclutados de las prácticas de cirujanos de pie y tobillo (TAI) y 16 controles pareados por edad por un periodo de 10 meses	1) comparar un solo (que representa una medida de posición de estocada clínica) versus contribuciones de múltiples segmentos a la dorsiflexión, y 2) determinar si existen diferencias en pacientes con tendinopatía.	Utilizando el análisis de movimiento tridimensional, el modelo de segmento único se definió como la inclinación tibial en relación con todo el pie. El modelo multisegmento consistió en el movimiento del retropié (tibia en relación con el calcáneo) y antepié (primer metatarsiano en relación con el calcáneo). Se utilizaron análisis de varianza bidireccionales (modelo cinemático y grupo) para evaluar las diferencias en las posiciones de rodilla flexionada y recta.	La inclinación tibial durante la posición de estocada es una combinación tanto del movimiento del retropié como del antepié. Si bien existe una fuerte correlación entre las medidas del plano sagital, la FDT del modelo mono segmento excedió la DFT del retropié en 3 a 5°. En personas con TAI hubo una correlación significativa entre DFT de mono-segmento y DFT de antepié, lo que indica un descenso del arco longitudinal medial. Las personas con TAI pueden evitar y/o compensar la falta de DFT en

					el retropié utilizando el movimiento del antepié. los hallazgos resaltan la necesidad de monitorear el movimiento que ocurre distalmente en el pie, particularmente en personas con patología del retropié
17. Validation of a New Device for Measuring Isolated Gastrocnemius Contracture and Evaluation of the Reliability of the Silfverskiöld Test	Molund M., <i>et al</i> (2018)	Muestra de 12 personas (24 pies) para las pruebas de confiabilidad del nuevo dispositivo de medición de ROM de tobillo. Estos participantes fueron examinados en 3 ocasiones diferentes, con un intervalo de 4 semanas, por 4 investigadores. Dos cirujanos ortopédicos y 2 fisioterapeutas	Investigar la validez, confiabilidad inter e intra evaluador y la capacidad de respuesta de un nuevo dispositivo diseñado para medir el ROM del tobillo para diagnosticar una contractura aislada de gastrocnemio (CAG). Además, probar la confiabilidad inter e intra evaluador de la prueba de Silfverskiöld	Construimos un dispositivo para medir la dorsiflexión del tobillo de acuerdo con los principios descritos por DiGiovanni <i>et al</i> . El dispositivo controlaba la posición de las articulaciones del retropié. La articulación subtalar se bloqueó en varo neutro o leve para evitar la eversión o el valgo durante la prueba de dorsiflexión.	El nuevo dispositivo de medición de ROM de tobillo fue confiable y sensible para detectar CAG. La prueba de Silfverskiöld tuvo poca confiabilidad inter e intra evaluador. Nivel de evidencia Nivel II, estudio de cohorte prospectivo.

<p>18. On high heels and short muscles: A multiscale model for sarcomere loss in the gastrocnemius muscle</p>	<p>Zöllner A., <i>et al</i> (2015)</p>	<p>Un sujeto femenino sano de 20 años</p>	<p>Caracterizar los efectos agudos y crónicos del acortamiento muscular global en las longitudes locales de sarcómeros a través de un modelo computacional multiescala.</p>	<p>Creamos un modelo computacional multiescala para caracterizar los efectos agudos y crónicos del acortamiento muscular global en las longitudes locales de sarcómeros. Realizamos un estudio de caso de un sujeto femenino sano y demostramos que elevar el talón 13 cm acorta el músculo gastrocnemio en un 5%.</p>	<p>Nuestro modelo indica que el acortamiento muscular muestra variaciones regionales significativas con valores extremos del 22% en el gastrocnemio central.</p> <p>Nuestro modelo sugiere que el músculo se ajusta gradualmente a su nueva longitud funcional por la pérdida crónica de sarcómeros en serie que varía significativamente en todo el músculo con una pérdida máxima del 39% en la región central</p> <p>El modelado computacional del acortamiento muscular crónico proporciona una herramienta valiosa para dar forma a la comprensión de los mecanismos de interacción en la adaptación</p>
---	--	---	---	--	---

					<p>del músculo esquelético</p> <p>Nuestro estudio podría abrir nuevas vías en la cirugía ortopédica y mejorar el tratamiento en pacientes con contractura muscular causada por otras condiciones que no sean el uso de tacones altos, como parálisis, atrofia muscular y distrofia muscular.</p>
<p>19. Non-uniform stiffness within gastrocnemius-achilles tendon complex observed after static stretching</p>	<p>Zhou J., <i>et al</i> (2019)</p>	<p>30 sujetos sanos [15 hombres y 15 mujeres Hombres edad: 21.33 ± 2.72 y; altura: 1.73 ± 0.07m; peso: 69.07 ± 14.73 kg; IMC: 22,99 ± 4,96 kg / m<sup>2</sup>; mujeres: edad: 21.13 ± 2.17 y; altura: 1.62 ± 0.05m; peso: 52.93 ± 12.63 kg; IMC: 20,19 ± 4,13 kg / m<sup>2</sup>]. Todos</p>	<p>(1) investigar los efectos agudos del estiramiento estático (SS) en el módulo de corte de MG, LG y AT para diferentes regiones Para MG y LG (distal, media y proximal regiones en el músculo) y tres regiones para la AT (0, 3 y 6 cm por encima de la tuberosidad calcánea); (2) para examinar los cambios en la ROM antes y después de un SS, y (3) para investigar el</p>	<p>Se administraron cinco minutos de SS a ambas piernas del sujeto. Se le pidió que se parara sobre una plataforma inclinada de 30 grados con ambas piernas verticales al suelo, y mantuviera esta postura durante 5 minutos Inmediatamente después del SS, se realizó una evaluación en la pierna dominante utilizando el protocolo de US en modo B para evaluar la longitud del</p>	<p>La maniobra de estiramiento podría ser efectiva para aumentar la flexibilidad. El comportamiento no uniforme está constantemente presente en el MG, LG y AT, y el MG y LG parecían más homogéneos después de SS. La arquitectura muscular y tendinosa no estaba relacionada con alteraciones en la rigidez muscular y tendinosa.</p>

		los sujetos eran sanos no entrenados	cambio de grosor del tendón de aquiles (AT) y la longitud del fascículo de la porción medial del gastrocnemio y la porción lateral del gastrocnemio LG antes y después de un SS.	fascículo en las regiones medias de la MG y LG, y el grosor del AT, mientras que con ultrasonido de elastografía de onda cortante (SWE) se utilizó para evaluar la rigidez de los MG, LG y el AT.	
20. Diagnosis of musculus gastrocnemius tightness-key factors for the clinical examination	Baumbach S., <i>et al</i> (2016)	20 individuos sanos (edad media de 27,1 ± 3,9 años), 50% mujeres.	Investigar la influencia de la flexión de la pierna en la dorsiflexión del tobillo (ADF) en las pruebas sin carga y con carga de peso y proporcionar una guía paso a paso para llevar a cabo un examen sin carga y con carga para la rigidez del músculo gastrocnemio (muscle gastrocnemius tightness MGT).	Se realizaron pruebas sin carga y con peso en seis grados diferentes de flexión de pierna (extensión completa, 20 °, 30 °, 45 °, 60 °, 75 °) y la Prueba de estocada (flexión de pierna no controlada). Se usó un aparato ortopédico funcional para controlar la flexión de la pierna. Las mediciones fueron realizadas por dos investigadores enmascarados a los resultados del otro.	Los exámenes en 20 individuos sanos revelaron que 20 grados de flexión de la pierna eliminan la influencia de <i>M. gastrocnemius</i> en el ADF (ankle dorsiflexión). La flexión adicional de la rodilla no produjo un aumento significativo de ADF. El examen estandarizado de la MGT con y sin soporte constituye el requisito previo para futuros estudios que establezcan valores de normas fisiológicas.

<p>21. Comparison of the sonographic features of the Achilles Tendon complex in patients with and without achilles tendinopathy: A case-control study</p>	<p>Romero-Morales C et al (2019)</p>	<p>participantes entre 18 y 65 años que tenían dolor en la porción media del tendón de Aquiles durante al menos 3 meses con una puntuación de intensidad de dolor de EAV de al menos 3/10 puntos que no habían recibido intervención o tratamiento</p> <p>Muestra total de 143 individuos (edad: 41.3 ± 12.0 años; altura: 1.74 ± 0.0 m; peso: 75.0 ± 11.4 kg, IMC: 24.4 ± 2.6 kg / y se dividió en dos grupos: grupo AT crónico de porción media (n = 71) y un grupo sano (n = 72).</p>	<p>Evaluar y cuantificar con imágenes de ultrasonido (USI) el grosor del tendón de Aquiles, el área de sección transversal (AST), la longitud de la almohadilla de grasa de Kager y el ángulo de penetración gastrocnemio-sóleo (PA) entre sujetos con tendinopatía crónica de Aquiles de porción media (TA) y sujetos sanos.</p>	<p>Las mediciones de ultrasonido del grosor, AST y la almohadilla de grasa de Kager se realizaron en posición prono, con ambos pies colgando sobre el extremo de la mesa. En esta posición, la éntesis del tendón de Aquiles en el calcáneo se localizó por ecografía e hizo marcas en la piel a 4 y 6 cm del calcáneo para registrar las imágenes de ultrasonido para el grosor del tendón y el AST.</p>	<p>Se pesquisó un aumento del grosor del tendón de Aquiles y del área de sección transversal (AST) a 4 cm y 6 cm del calcáneo, así como una disminución en la PA del gastrocnemio-soleo y la longitud de la almohadilla adiposa de Kager en pacientes con AT crónica en la porción media.</p>
---	--------------------------------------	--	---	---	---

<p>22. Gastrocnemius Recession Leads to Increased Ankle Motion and Improved Patient Satisfaction After 2 Years of Follow-Up</p>	<p>Holtmann J., et al (2017)</p>	<p>El grupo de estudio incluyó 55 pacientes (42 mujeres, 13 hombres) con 64 miembros operados. La edad promedio fue de 43 (rango 17 a 82) años.</p> <p>Los pacientes se dividieron en 3 grupos de acuerdo con las cirugías de los pies realizadas además de Recesión del gastrocnemio (GR)</p> <p>Se formó un subgrupo de 23 miembros operados para evaluar la calidad de la recesión del gastrocnemio, sin los efectos de los procedimientos quirúrgicos</p>	<p>Evaluar la prevalencia de los trastornos del pie en pacientes neurológicamente sanos con CAG a medio plazo resultados del rango de movimiento de dorsiflexión (ROM)</p>	<p>Todos los pacientes fueron sometidos a GR utilizando la técnica Strayer</p> <p>El cuidado postoperatorio incluyó férulas para EEII durante 2 semanas. Posteriormente se les permitió cargar peso según lo tolerado y se les ordenó usar la férula por la noche.</p> <p>Evaluación funcional El ROM de DFT se midió en la extensión completa de la rodilla antes y después de la operación utilizando un goniómetro</p>	<p>El procedimiento de recesión de gastrocnemio (Strayer) fue un enfoque confiable y estable para aumentar la dorsiflexión del tobillo en el seguimiento a medio plazo (44 meses). No se produjo una sobrecorrección, y solo se desarrolló 1 gastrocnemio equino recurrente debido al fracaso del procedimiento. La tasa de complicaciones del 16% muestra que se debe prestar más atención al nervio sural y se debe reforzar el uso de fisioterapia temprana y entrenamiento muscular. Sin embargo, los beneficios mostrados por las mejores puntuaciones de FFI (índice funcional del pie) y la satisfacción del paciente, el</p>
---	----------------------------------	---	--	---	--

		adicionales. De estos 23 pacientes, 15 estaban disponibles para un examen de seguimiento o en el que se midieron los resultados clínicos y la satisfacción del paciente			alivio del dolor y el aumento de la función superan las posibles complicaciones
23.Relationship between the architecture and function of ankle plantar flexors with Achilles tendon morphology in ballet dancers	Nunes G. <i>et al.</i> (2019)	27 bailarines de ballet de ambos sexos,	EL objetivo fue evaluar las relaciones de la arquitectura del músculo gastrocnemio y la función de los flexores plantares del tobillo con la morfología del tendón de Aquiles en bailarines de ballet.	La morfología del tendón (grosor, ecogenicidad, áreas hipoecoicas y neovascularización) y la arquitectura muscular (grosor, ángulo de penetración y longitud del fascículo) se evaluaron mediante ecografía; Se evaluó el torque de los flexores plantares del tobillo utilizando una dinamometría manual y se evaluó la flexibilidad en la posición de dorsiflexión máxima del tobillo con soporte de peso usando el inclinómetro;	El torque de los flexores plantares del tobillo y la arquitectura del músculo gastrocnemio medial están asociados con el grosor del tendón de Aquiles en los bailarines de ballet. El torque de los flexores plantares del tobillo y la longitud del fascículo del músculo gastrocnemio medial también se asocian con la ecogenicidad del tendón de Aquiles en esta población

				finalmente se evaluó la resistencia usando la prueba de elevación del talón.	
24. Structure of the Achilles tendon at the insertion on the calcaneal tuberosity	Edama M., <i>et al</i> (2016)	132 piernas de 74 cadáveres japoneses.	El propósito de este estudio fue revelar la estructura torcida del Tendón de Aquiles (TA) y la ubicación de su inserción en la tuberosidad calcánea utilizando cadáveres japoneses.	Se examinaron 74 cadáveres, la torsión en los fascículos se clasificó con referencia a un estudio previo en: torsión mínima (Tipo I), con solo Sóleo unido a la capa profunda de la tuberosidad calcánea (lado calcáneo); torsión moderada (Tipo II), con Gastrocnemio lateral y sóleo unidos a la capa profunda de la tuberosidad calcánea; y torsión extrema (Tipo III), con solo el GL unido a la capa profunda de la tuberosidad calcánea.	En conclusión, los resultados mostraron que para las fibras anteriores de la TA, donde es más probable que ocurra la tendinopatía de Aquiles por inserción, el tejido ubicado en la inserción difiere en cada tipo (I, II, III)
25. A comparison of lower limb muscle activation pattern using voluntary response index between pronated and	Mohammadi H., <i>et al</i> (2017)	15 individuos con pies pronados asintomáticos y 15 sujetos normales. Iranés.	El objetivo de este estudio fue determinar los cambios en el patrón de activación muscular de las extremidades inferiores en los individuos con pie pronado en	Se midió la actividad eléctrica de los músculos glúteo medio, vasto lateral (VL), vasto medial (VM), bíceps femoral (BF), semitendinoso (ST) y gastrocnemio	El patrón alterado de activación muscular de las extremidades inferiores identificado en el pie pronado durante el aterrizaje puede atribuirse a la

normal foot structures during forward jump landing			comparación con los pies normales, utilizando el índice de respuesta voluntaria (VRI).	medial (MG) durante una tarea de aterrizaje con salto. También se evaluaron las variables del índice de respuesta voluntaria (VRI), incluido el índice de similitud (SI) y la magnitud (Mag)	activación diferida en los músculos VL, VM, Glúteo medio y ST. Adaptaciones debidas a los efectos biomecánicos que surgen debido al pie pronado.
26. Isolated Gastrocnemius Recession for the Treatment of Achilles Tendinopathy .	Smith K., et al 2017	25 pacientes con resección del gastrocnemio aislado en los últimos 3 años, por diagnóstico de Tendinopatía del Aquiles	La justificación del procedimiento de resección de gastrocnemio es disminuir la sobrecarga mecánica del tendón de Aquiles que surge de una contractura con el pie en posición equina	Se revisó retrospectivamente a 25 pacientes que se habían sometido a una resección de gastrocnemio aislado. El dolor se evaluó usando escala EVA a las 2, 6 semanas, 3 y 6 meses, y 1 año después de la operación. El FFI (Índice de funcionalidad del pie) se obtuvo antes de la operación y en la última visita.	Los resultados a medio plazo del estudio sugieren que una resección de gastrocnemio aislada es un procedimiento quirúrgico simple, efectivo y seguro para el tratamiento de la tendinopatía de Aquiles.
27. Assessment of Passive Stiffness of Medial and Lateral Heads of Gastrocnemius Muscle, Achilles Tendon, and Plantar Fascia	Huang J., et al (2017)	30 participantes sanos (15 hombres, 15 mujeres). Chinos.	El objetivo de este estudio fue evaluar la rigidez pasiva del gastrocnemio medial y lateral (MG y LG), el tendón de Aquiles (TA) y la fascia plantar (FP) en diferentes	La rigidez se evaluó utilizando un dispositivo portátil de mano (MyotonPRO), con la pierna completamente extendida o flexionada 90 °, la rigidez de los MG, LG, TA y PF se midió a 50 ° de	La rigidez evaluada mediante el uso de MyotonPRO fue una evaluación similar utilizando otras técnicas, lo que sugiere que MyotonPRO es capaz de

at Different Ankle and Knee Positions Using the MyotonPRO			posiciones de pie y pierna	flexión plantar, 0 ° (posición neutral) y 25 ° dorsiflexión (no para TA) del pie mediante rotación articular pasiva.	detectar las variaciones en la rigidez de MG, LG, AT y FP en diferentes posiciones de pie y pierna.
28.The influence of gastrocnemius stretching combined with joint mobilization on weight-bearing ankle dorsiflexion passive range of motion	Kang M., <i>et al</i> (2015)	11 sujetos masculinos con dorsiflexión bilateral limitada del pie y rango de movimiento pasivo con pierna extendida	El propósito de este estudio fue investigar el efecto del estiramiento del gastrocnemio combinado con la movilización de la articulación talocrural en el rango de movimiento pasivo de la dorsiflexión del pie que soporta peso.	Todos los sujetos recibieron movilización de la articulación talocrural mientras realizaban estiramientos gastrocnemios. El rango de movimiento pasivo de dorsiflexión del pie se midió usando un inclinómetro en condiciones de carga de peso antes e inmediatamente después de la intervención.	Los hallazgos demuestran que el estiramiento gastrocnemio combinado con la movilización articular es efectivo para aumentar el rango de movimiento pasivo de la dorsiflexión del pie que soporta peso.
29.. Proximal Gastrocnemius Release in the Treatment of Mechanical Metatarsalgia	Morales-Muñoz P., <i>et al</i> (2016)	78 pies en 52 pacientes con metatarsalgia que tenían una contractura de gastrocnemio aislada (CAG)	Los objetivos de este estudio prospectivo fueron revisar el efecto de la liberación proximal del gastrocnemio medial en la dorsiflexión del pie y evaluar el resultado de esta técnica sobre el dolor y las limitaciones funcionales en	Se prosiguió una serie consecutiva de 78 pies en 52 pacientes con metatarsalgia que tenían una la contractura de gastrocnemio aislada evaluada con la prueba de Silfverskiöld. La liberación quirúrgica se evaluó con escalas analógicas visuales (EVA) y	Se cree que la recesión del gastrocnemio medial proximal es un procedimiento alternativo que causa una mejora en la dorsiflexión del tobillo lo suficiente como para corregir la contractura.

			pacientes con metatarsalgia mecánica y acortamiento del gastrocnemio aislado.	escalas de la American Orthopaedic Foot & Ankle Society (AOFAS). La dorsiflexión del pie se midió a los 1, 3 y 6 meses después de la operación.	
--	--	--	---	---	--

## 5. DISCUSIÓN

Todas las estructuras ubicadas dentro y sobre la articulación, incluidos los músculos, tendones, piel, tejido subcutáneo, fascia, ligamentos, superficies articulares, cápsula y cartílago, contribuyen a la rigidez articular pasiva y el volumen muscular representa el 62-84% de la variación en rigidez articular pasiva. (Geremia J. et al, 2018)

La causa más común de la dorsiflexión del tobillo (DFT) limitada es la rigidez aislada del músculo gastrocnemio (MG). La cinemática articular del tobillo está influenciada por la flexión de la rodilla, ya que el músculo gastrocnemio (MG) une ambas articulaciones. El músculo gastrocnemio (MG) está bajo tensión cuando la rodilla está completamente extendida limitando la dorsiflexión del tobillo (DFT) que aumenta sustancialmente por la flexión de la rodilla. (Bambuach S. et al, 2016)

El gastrocnemio medial y el gastrocnemio lateral (GL) se comportan de manera heterogénea. En términos de biomecánica, la posible explicación es que el tríceps sural, que tiene una conexión laxa entre sus vientres musculares, deja un margen para un comportamiento heterogéneo no uniforme durante condiciones pasivas o de bajos niveles de producción de fuerza, por el contrario, el aumento de tensión en el músculo conducirá a un

comportamiento más uniforme durante condiciones más activas (Zhou J. et al, 2019)

Por otro lado, existen diferencias de rigidez en las diferentes regiones del gastrocnemio medial (GM). Zöllner A. y colaboradores en el año 2015 realizó un modelo computacional a multiescala de la utilización de tacones altos, donde indica que el acortamiento muscular muestra variaciones regionales significativas con valores extremos del 22% en la región central del músculo gastrocnemio (MG). Demostraron que elevar el talón 13cm acorta el músculo gastrocnemio (MG) en un 5%, mientras que el tendón de Aquiles (TA) permanece prácticamente intacto. El modelo sugiere que el músculo gastrocnemio (MG) se ajusta gradualmente a su nueva longitud funcional por la pérdida crónica de sarcómeros en serie que varía significativamente en todo el músculo gastrocnemio con una pérdida promedio del 9% y prácticamente sin pérdida en los extremos proximal y distal, y una pérdida máxima del 39% en la región central.

Esto implica un acortamiento significativo del sarcómero y un aumento en la superposición miofilamentos de actina y miosina. En la fase aguda del uso de calzado de tacón alto, la longitud de los sarcómero en serie relativo disminuye por debajo de su valor de referencia ( $<1$ ), mientras que, en la etapa crónica

del uso de calzado de tacón alto, la longitud del sarcómero vuelve a su valor inicial (=1) para volver a operar dentro de un régimen operativo óptimo.

La solución converge hacia un estado en el que el estiramiento de la fibra elástica ha vuelto a uno en todo el músculo y el estiramiento de la fibra inelástica ha absorbido toda la deformación. (Zöllner A. et al, 2015)

Por otro lado, Le Sant en el año 2017 describe que el módulo de corte del GM fue sistemáticamente mayor dentro de las regiones musculares distales que en las proximales, lo que demuestra que este músculo no es homogéneo y muestra diferencias regionales en la rigidez durante el estiramiento pasivo. Esto se explica porque la tensión pasiva ejercida en la región muscular cerca de la extremidad que se estira (pie) es mayor en comparación con la región muscular opuesta.

Ese estrés repetido puede estimular la síntesis de colágeno por parte de la matriz extracelular e inducir un aumento en la rigidez local para optimizar la eficiencia de la transmisión de fuerza y el mantenimiento de la estructura del tejido.

Por el contrario, Zhou J. y sus colaboradores en el 2019, encontraron diferencias significativas en la rigidez entre las regiones dentro del

gastrocnemio medial (GM) y dentro del gastrocnemio lateral (GL) antes del estiramiento estático (EE), con el valor más alto en la región proximal y el más bajo en la región media. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la rigidez después del EE. Además, encontraron diferencias significativas en la rigidez entre las tres regiones dentro del tendón de aquiles (TA) antes y después del EE con el valor más alto en el TA insercional (inserción calcánea).

Descubrieron que sin importar antes o después del estiramiento, los valores de módulo de corte de GM y GL fueron más grandes en las regiones proximales, seguidos por las regiones distales. Esto está dado por las características morfológicas de GM y GL en donde los fascículos de la porción proximal del músculo gastrocnemio se insertan en el cóndilo femoral, que presenta direcciones curvilíneas, y las porciones distales se unen directamente al tendón de aquiles. Además, las porciones proximal y distal están cerca de las aponeurosis, lo que puede dar lugar a una mayor rigidez. (Baumbach, 2016)

Por lo tanto, la disfunción del músculo gastrocnemio que afecta predominantemente el GM tendría un comportamiento heterogéneo dentro del mismo vientre muscular.

Hay varias pruebas para diagnosticar la disfunción del músculo gastrocnemio, Jastifer J., et al en el 2016 describe los métodos para cuantificar el rango de movimiento y la tensión del tobillo:

- Examen clínico y la experiencia del examinador realizador.
- Goniometría, que tiene desafíos para determinar la cantidad de fuerza a aplicar, ha mostrado variabilidad interobservador y poca confiabilidad, y no permite el cálculo de la rigidez.
- Estocada de soporte de peso.
- Técnica instrumentada con referencia de torque.

Chan et al, en el 2019 describe la prueba de Silfverskiöld, una prueba clínica comúnmente realizada para identificar la rigidez del músculo gastrocnemio (RMG). Esta es una prueba sin peso utilizada para diferenciar entre la contractura aislada de gastrocnemio (CAG) y la contractura combinada de complejo gastrocnemio-sóleo (CG-S). Un aumento en la dorsiflexión del tobillo (DFT) con la rodilla en flexión sugeriría un grado de RMG. (Chan O., 2019)

Se coloca al paciente en decúbito supino en la camilla de exploración y se evalúa la DFT con la rodilla completamente extendida y luego flexionada en

90°. (Baumbach S., et al, 2016). Sin embargo, la prueba de Silfverskiöld tiene poca confiabilidad inter e intra evaluador y no debe usarse con fines científicos. Nivel de evidencia Nivel II, estudio de cohorte prospectivo. (Molund M. et al, 2018)

Por el contrario, las mediciones de la DFT con soporte de peso se realizan con el sujeto en posición vertical (Bípedestación). La rodilla de la extremidad queda por posterior quedando extendida o doblada y se le pide al sujeto que incline su tronco hacia adelante justo antes del despegue del talón. Para ambas pruebas se diagnostica RMG, si la DFT con la rodilla extendida está alterada y la flexión de la rodilla resulta en un aumento significativo de DFT. (Baumbach S. et al, 2016)

La principal limitación de todas las pruebas para diagnosticar la RMG es que se desconoce el grado mínimo de flexión de la rodilla necesario para eliminar el efecto restrictivo del músculo gastrocnemio (MG) sobre la DFT. Mientras que los 90° de flexión de la rodilla se aplican típicamente en las pruebas sin carga, esto no es factible para el examen de carga. La población general no puede realizar una estocada. En consecuencia, la mayoría de los estudios que realizaron exámenes de carga no controlaron la flexión de la rodilla. Para

realizar exámenes confiables con carga, es esencial identificar el grado mínimo de flexión de rodilla necesario para eliminar el efecto de restricción del músculo gastrocnemio en DFT. (Baumbach, 2016)

La realización de este estudio reveló que 20 grados de flexión de la rodilla elimina la influencia de MG en la DFT. La flexión adicional de la rodilla ( $>20^\circ$ ), no produjo cambios significativos. (Buambach S. et al, 2016)

El examen con soporte de peso no solo mide la dorsiflexión del pie de manera aislada en la articulación tibio-talar, este examen utiliza el peso corporal del paciente en lugar de una fuerza aplicada por el examinador, de esa forma no aísla el movimiento únicamente en la articulación del tobillo y mide de manera efectiva el desplazamiento anterior de la tibia en dirección al piso, lo que posiblemente sea un marcador clínicamente más relevante de la función del tobillo. (Chan et al, 2019)

Aún no existe un consenso sobre los valores anormales para diagnosticar una disfunción del músculo gastrocnemio, pero autores presentan de forma independiente valores semejantes y distintos métodos de medición.

El índice de dorsiflexión de tobillo (IDT) se refiere a una diferencia entre la dorsiflexión máxima de la articulación tibiotalar con la rodilla extendida y flexionada, este se utiliza para diagnosticar la RMG. (Malhotra K. et al, 2018)

Los valores de IDT superiores a  $13^{\circ}$ , medidos por la prueba de estocada, pueden considerarse anormales. (Chan et al, 2019)

Nakale N. et al, 2018 se refiere a la contractura aislada del músculo gastrocnemio, y este la define como la dorsiflexión máxima del tobillo que es inferior a 5 grados con la rodilla en extensión completa que corrige cuando la rodilla se flexiona a 90 grados, lo que equivale a una prueba positiva de Silfverskiöld. También menciona la rigidez del complejo gastrocnemio-sóleo (CG-S) que está presente cuando hay menos de 10 grados de dorsiflexión máxima del tobillo, independientemente de la posición de la rodilla.

Para definir una contractura aislada del músculo gastrocnemio (CAG) y no una contractura combinada, se tiene que observar un aumento de al menos 10 grados de DF del tobillo con la rodilla flexionada. (Molund M. et al, 2018)

DFT alterado (rodilla extendida): menos de  $10^{\circ}$  en el lado sintomático debe considerarse disminuido. Los valores entre 10 y 30 con peso (10–20 sin peso) deben considerarse restringidos. Si hay más de  $5^{\circ}$  asimetrías laterales, la DFT también debe considerarse como alterado.

La RMG está presente, si la flexión de la rodilla produce un aumento del DFT de aproximadamente 10°. (Baumbach S. et al, 2016)

Al medir el rango de movimiento del tobillo para ejecutar las pruebas diagnósticas, es importante tener un punto de referencia estándar al comparar grupos de pacientes. Los más utilizados son el eje longitudinal de la fíbula y la superficie plantar del pie o el eje del quinto metatarsiano. (Jastifer J. et al, 2016)

Huang J. en 2017 utilizó el dispositivo de palpación digital Myoton Pro con el cual pudo identificar que la dorsiflexión pasiva del tobillo indujo un aumento mayor en la rigidez GM y GL solo cuando la rodilla estaba completamente extendida, mientras que la rigidez TA (Tendón de Aquiles) y PF (Plantiflexión) aumentó independientemente de la posición de la rodilla. Además, la rigidez del TA en los 3 sitios (0 cm, 3 cm y 6 cm de la inserción calcánea) y la rigidez hacia PF fue menor con la rodilla flexionada que extendida. Por otro lado, los efectos de la dorsiflexión pasiva sobre la rigidez fueron mayores en MG y en la inserción TA en el sitio de 3 cm. También evidenciaron que la rigidez fue mayor en GL que en GM a  $-50^\circ$  de flexión

plantar y fue mayor en GM que en GL a 25 ° de dorsiflexión de tobillo cuando la rodilla estaba completamente extendida. Finalmente, independientemente de la posición del tobillo y la rodilla, la rigidez del TA aumentó en un patrón distal a proximal de 0 cm > 3 cm > 6 cm.

Dado que la DFT y la contracción aumentan la rigidez del tendón, en este caso, el TA es propenso a sufrir lesiones y ruptura. Por lo tanto, el sitio de 3 cm puede ser propenso a lesiones y ruptura. Desde la perspectiva de la distribución vascular, el sitio de 3 cm es una de las áreas menos perfundidas, por lo tanto, esta falta de perfusión vascular y la mayor sensibilidad del sitio de 3 cm a la rotación del tobillo pueden poner al TA en un alto riesgo de lesión y ser poco capaz de sanar.

A la hora de realizar la evaluación es importante tener en consideración la contribución que posee el retropié y medio pie. Se cree que una prueba de carga de peso, es una prueba clínicamente relevante. Los defensores de las pruebas sin carga de peso enfatizan la importancia de estabilizar adecuadamente las articulaciones subtalar y media del pie durante la prueba para eliminar el efecto del movimiento de estas articulaciones durante el

procedimiento. El IDT es una diferencia medida entre la dorsiflexión con la rodilla extendida y flexionada, por lo tanto, la contribución de las articulaciones del retropié y el mediopié se elimina efectivamente. (Chan O. et al, 2019)

El eje y el rango de movimiento de las articulaciones del tarso, subtalar y transversal son difíciles de visualizar y conceptualizar, pero están relacionados integralmente con el rango de movimiento sagital del pie y el tobillo.

La alineación y el rango de movimiento del retropié complican el examen, incluida la importancia del bloqueo el retropié corrigiendo el talón a una posición neutra o en varo para eliminar el movimiento sagital a través de la articulación tarsal transversal. (Jastifer J. et al, 2016)

Hay varios factores que se asocian a la etiología de la disfunción del músculo gastrocnemio, estos pueden ser la edad, demografía y condición física. La prevalencia de los trastornos del pie en este estudio enfatiza estos supuestos de que la falta crónica de DFT puede considerarse un factor etiológico para los trastornos sintomáticos del pie.

Se ha postulado que a medida que las personas envejecen, la actividad física disminuye y con una exposición limitada al rango de movimiento, las

unidades de tendones musculares no alcanzan su longitud máxima con regularidad. La ley de Davis se relaciona con el modelado de tejidos blandos en respuesta a las demandas y establece que "cuando los ligamentos, o más bien los tejidos blandos, permanecen ininterrumpidamente en un estado flojo o laxo, se acortarán gradualmente".

Baumbach y sus colaboradores en el 2016 establecen que la edad no influyó en el rango de DFT. Pero los puntajes de IMC más altos se asociaron con valores significativamente más bajos para la DFT cuando se realizó la prueba sin carga de peso.

Se habla que el aumento de la edad, el aumento del IMC y un nivel de actividad más bajo aumentan la rigidez. (Malhotra et al, 2018)

Chan, et al 2019 en su estudio establecen que el IDT varía de 0 a 19 ° con una media de 6.04 +/- 3.49 °. Este se correlaciona positivamente con la edad y negativamente con la actividad física. Específicamente se observó que el IDT medio aumenta con la edad y disminuye con un mayor nivel de actividad física informada por los participantes.

Además, se informa que la cohorte afro-caribeña tuvo el IDT más alto entre los diferentes grupos étnicos (8.26 ° +/- 3.52 °).

La explicación se la atribuyen a que el músculo afro-caribeño contiene más fibras musculares tipo II y menos tipo I por lo que puede tener tendencia a la rigidez muscular.

Nakale, N, et al 2018 también hace referencia al género y la edad para el desarrollo de fascitis plantar. Señala el género femenino y la mediana edad (41 a 64 años) como factores de riesgo adicionales.

Es necesario comprender que los tendones almacenan energía elástica cuando se estiran, algunos de los cuales se pierde como calor (definido como histéresis), pero el resto se recupera durante el retroceso para contribuir a la próxima tarea de contracción. Esto reduce la energía metabólica requerida del músculo durante la contracción.

Se ha demostrado que las propiedades del tendón se deterioran con el aumento de la edad, y estos cambios adversos también pueden estar relacionado con un suministro sanguíneo reducido.

Los niveles reducidos de actividad física asociada con PAD-IC3 significa que los tendones pueden experimentar un mayor deterioro con el desuso. En combinación, parece probable que los tendones de los demandantes serían

más pequeños, más débiles y tienen mayor histéresis (pérdida de energía elástica) que las de individuos sanos (King S. et al 2015)

Brennan es otro autor que habla de que la potencia mecánica positiva de la extremidad inferior total aumenta a cadencias superiores a las preferidas en la normalidad, en gran parte debido a una mayor potencia positiva de la cadera. A cadencias más lentas de lo preferido, el tobillo contribuye en una mayor proporción a la potencia positiva total. (Brennan, 2017)

Al caminar, las propiedades del tendón de Aquiles o calcáneo y las aponeurosis permite que los tejidos contráctiles activos como el músculo tríceps sural se acorten a velocidades relativamente lentas, mientras que el acortamiento rápido de la unidad músculo-tendón (UMT) se logra a través del retroceso de alta velocidad de los tejidos elásticos de la serie.

El momento promedio del tobillo derecho, normalizado a la masa corporal, fue significativamente diferente entre las cadencias; hubo una tendencia a mayores momentos promedio de tobillo a una cadencia más lenta. Aumento significativo en el acortamiento del fascículo GM y UMT con disminución de la cadencia.

Un aumento en el momento promedio del tobillo sugeriría mayores requerimientos de fuerza de los músculos flexores plantares, lo que probablemente conlleva un mayor costo energético.

El requisito de un mayor acortamiento del fascículo, en relación con el acortamiento de la UMT, a cadencias más lentas es evidencia de que el aumento de la producción de energía de la articulación del tobillo no se explica por completo por el aumento de la energía en el tendón.

Por otro lado, el ejercicio también es contribuyente a la generación de disfunción del gastrocnemio.

Autores informan que durante las primeras 18 a 36 horas después del ejercicio, existe un equilibrio neto negativo de colágeno en respuesta a la carga mecánica de los fibroblastos, de modo que, sin un descanso adecuado, el tendón está perdiendo colágeno continuamente. Esto dejaría al tendón vulnerable a lesiones. En el caso de un paciente sedentario que tiene un músculo gastrocnemio contracturado crónicamente, esta misma carga mecánica de los fibroblastos ocurre durante todo momento y esto lleva a que

no haya "descanso" de esta carga, el tendón no puede curarse o reemplazar el colágeno que se ha perdido. (Smith, 2017)

GSE está profundamente asociado a las modificaciones de los patrones de carga plantar y la actividad muscular de las extremidades inferiores (Rodriguez S., 2018)

En cuanto al tratamiento de la disfunción del músculo gastrocnemio hay varios tratamientos efectivos para aliviar el dolor en pacientes con contracturas de gastrocnemios aisladas:

El tratamiento conservador, incluye estiramientos musculares estáticos de la pierna.

La cirugía, forma de liberación o recesión del músculo gastrocnemio para tratar la contractura gastrocnemio clínicamente demostrable. (Chan, et al 2019). Varios estudios apoyan una recesión gastrocnemio como tratamiento quirúrgico para afecciones clínicas del pie y el tobillo. (Jastifer, et al 2016).

El efecto agudo del estiramiento estático de 5 minutos fue una disminución significativa en la rigidez del GM y GL, por el contrario, un aumento significativo en la rigidez del TA (TA 0cm, TA 3cm y TA 6cm aumentó en un 25.73%, 17.01% y 19.53%). Como se habló anteriormente se ha demostrado que la rigidez pasiva difiere entre las diferentes regiones dentro de cada músculo y tendón. (Zhou et al, 2019)

Algunas otras causas de la disfunción del músculo gastrocnemio hacen relación a factores culturales y estéticos, por ejemplo, para los usuarios de tacones más frecuentes, cambiar a la posición del pie plano puede ser extremadamente doloroso. Si se estira demasiado el tríceps sural, podría causar dolor muscular y fascitis plantar. Para garantizar la comodidad y reducir el riesgo de lesiones, las recomendaciones recientes sugieren limitar la altura del tacón a 5 cm o menos.

Para mantener la longitud de las fibras musculares y el rango de movimiento del tobillo, estudios recientes recomiendan ejercicios intensivos de estiramiento pasivo con largos y frecuentes tiempos de estiramiento en la dirección de dorsiflexión. (Zöllner et al, 2015)

Los hallazgos de Kang M. y colaboradores en 2015 demuestran que el estiramiento del músculo gastrocnemio combinado con la movilización de la articulación aumenta significativamente el rango de movimiento pasivo de dorsiflexión del tobillo en carga de peso con la rodilla extendida. El ejercicio de estiramiento aumenta la tolerancia, lo que resulta en un aumento de ROM.

### **Ejercicio excéntrico como tratamiento de las disfunciones del tendón de Aquiles**

Las lesiones del tendón de Aquiles son una de las más comunes dentro de los deportes, y hay programas de rehabilitación que incluyen entrenamiento excéntrico del tríceps sural e incluso se hace para la prevención de lesiones. (Geremia, 2018)

Según los estudios de Guilherme S. Nunes. et al en 2019 se puede especular que los ejercicios de fortalecimiento del músculo flexor plantar del tobillo podrían ser importantes para el tratamiento y / o prevención de los trastornos del tendón de Aquiles en bailarines de ballet.

## **Asociación de la disfunción del músculo gastrocnemio y patologías de pie**

Se cree que las manifestaciones clínicas del acortamiento del músculo gastrocnemio son el resultado de la sobrecarga del antepié durante la carga de peso debido a la incapacidad del tobillo para dorsiflectar lo suficiente. Al final de la fase de apoyo, el talón se levanta del piso. En presencia de un músculo gastrocnemio y / o sóleo apretado, esto ocurrirá antes en el ciclo de la marcha, lo que dará como resultado una mayor transmisión de carga al antepié. Esto ocurre en la rigidez tanto del músculo gastrocnemio aislado como del complejo gastrocnemio-sóleo.

El músculo gastrocnemio apretado puede provocar un aumento de la presión en el antepié incluso en ausencia de una restricción significativa de la dorsiflexión del tobillo.

En el estudio de Malhotra, et al 2018 la diferencia en la rigidez media del músculo gastrocnemio entre los grupos fue de 2 °, lo cual es de importancia clínica cuestionable. Por otro lado, más significativa fue la diferencia de 4,3 ° en la tensión media entre el grupo de control y el subgrupo con patología

del antepié, lo que establece una relación mucho más fuerte. En este estudio la mayoría de los pacientes con patología de pie y tobillo no tienen grados anormales de rigidez del músculo gastrocnemio ( $>13^\circ$ ) en comparación con los controles, pero está presente en más de un tercio de los pacientes con patología del antepié.

El rango de movimiento pasivo de dorsiflexión del tobillo en carga de peso limitado con la rodilla extendida puede ser el resultado de la contractura del músculo gastrocnemio y el deslizamiento insuficiente del talar posterior. 29r Es así como se sabe que la elasticidad del GM está significativamente asociada con rigidez pasiva de la articulación del tobillo. (Chino K. y Takahashi H. (2016)

### **Tendinopatía del tendón aquiles y disfunción del músculo gastrocnemio**

La tendinopatía de Aquiles (TA) es una enfermedad caracterizada por dolor, hinchazón, rigidez matutina y falta de funcionalidad en la EEII. El uso excesivo es la causa principal de la TA, comenzando con adaptaciones ligeramente tendinosas y terminando con procesos degenerativos. La degeneración es muy común en la porción media, y especialmente esta área

parece presentar una disminución del flujo sanguíneo. (Romero-Morales C. et al, 2019)

La ecografía (EG) se ha utilizado ampliamente para cuantificar la longitud, el grosor y el área de sección transversal (AST) del tendón, los músculos y los tejidos conectivos en diferentes estructuras. El modo B se considera superior a la resonancia magnética (RM) para evaluar los cambios estructurales en TA. La EG se considera una técnica no invasiva, segura, rápida y relativamente económica que proporciona un examen completo del tendón y las estructuras circundantes. Tendones de Aquiles sanos con fibras de colágeno bien organizadas y paralelas con bandas brillantes hiperecoicas y bandas oscuras hipoecoicas de matriz extracelular.

Sharma y Maffulli, 2006 informaron áreas de desorganización de las fibras de colágeno y un engrosamiento e hipoecoico en tendones de individuos con TA.

Evaluó y cuantificó con EG el grosor del tendón de Aquiles, AST, la longitud de la almohadilla de grasa de Kager y el ángulo de pennación (AP) gastrocnemio-sóleo entre TA crónica de la porción media y sujetos sanos. Se planteó la hipótesis de que, en presencia de tendinopatía, se observaron

alteraciones estructurales y se cuantificaron con EG, como un aumento de AST y una disminución del AP gastrocnemio.

Los resultados que se obtuvieron indican que el grosor y el AST a 4 cm y 6 cm del calcáneo se incrementaron mostrando diferencias estadísticamente significativas en el grupo de tendinopatía. Para el AP gastrocnemio-sóleo y la longitud de la almohadilla de grasa de Kager, diferencias significativas para una disminución a favor del grupo de tendinopatía.

Hasta la fecha, no hay evidencia de que los cambios en las imágenes del tendón estén relacionados con los síntomas de la tendinopatía. Sin embargo, la evaluación de las estructuras tendinosas con EG sería de gran interés para los médicos e investigadores para complementar un diagnóstico y desarrollar un seguimiento. (Romero-Morales C. et al, 2019)

Los trastornos del tendón de Aquiles (TA) se clasifican principalmente por la relación posicional anatómicamente y por el sitio del dolor.

La tendinopatía de Aquiles no insercional se clasifica como la que ocurre de 2 a 6 cm proximal a la inserción TA en la tuberosidad calcánea, y la tendinopatía de Aquiles insercional como la que ocurre en la inserción en la tuberosidad calcánea.

Dado que la tendinopatía de Aquiles no insercional ocurre de 2 a 6 cm proximal a la inserción del TA en el calcáneo, donde el suministro de sangre es deficiente y el área transversal del TA es pequeña, no se cree que el estrés repetitivo en este sitio sea el principal contribuyente.

En los últimos años, la desigualdad de la tensión dentro del TA durante la sobre pronación del calcáneo se ha considerado un factor importante, y la estructura torcida del TA se considera también una causa.

La tendinopatía de Aquiles por inserción se divide en bursitis que ocurre en la bolsa retrocalcánea y la tendinopatía de Aquiles por inserción que ocurre en la tuberosidad del calcáneo.

La torsión en los fascículos se clasificó con referencia a un estudio previo (Edama, et al. 2015) en: torsión mínima (Tipo 1), con solo Soleo (Sol) unido a la capa profunda de la tuberosidad calcánea (lado calcáneo); giro moderado (Tipo II), con GL y Sol unidos a la capa profunda de la tuberosidad calcánea; y giro extremo (Tipo III), con solo el GL unido a la capa profunda de la tuberosidad calcánea, esto quiere decir que se acorta el GM y rota el GL.

Se ha observado una disminución en el ángulo de pennación muscular del tríceps sural en individuos con TA. Esta disminución en el ángulo de

penetración de las fibras musculares del tríceps sural determina los cambios en la producción de fuerza como consecuencia de modificaciones en la orientación intramuscular de la fibra, lo que potencialmente proporciona un mecanismo para la sobrecarga del tendón de Aquiles.

La variación en el grosor del tendón de Aquiles está asociada con el torque de los flexores plantares del tobillo, el grosor muscular, el ángulo de penetración y la longitud del fascículo del músculo gastrocnemio medial. Estos hallazgos indican que existe una relación entre la función de flexión plantar del tobillo y la morfología y la estructura del tendón de Aquiles (Edama et al, 2015)

Se ha demostrado que los cambios en la fuerza están relacionados con los cambios en la arquitectura muscular. La combinación del torque de flexión plantar y la arquitectura del músculo gastrocnemio como factores asociados con la morfología del tendón de Aquiles en el presente estudio refuerza la importancia de los flexores plantares del tobillo en la estructura del tendón de Aquiles. (Nunes, 2015)

Las personas con tendinopatías de aquiles, presentaron una mayor DFT se asoció con una mayor DF del antepié con rodilla flexionada o extendida que

se ha relacionado con la disminución del arco longitudinal medial (ALM) y el consiguiente estrés en los tejidos blandos subyacentes.

A pesar de que el grupo con tendinopatía insercional de aquiles demostró menos DF en el retropié que los controles durante la estocada con la rodilla flexionada, ambos grupos tuvieron cantidades similares de descenso del arco, indicado por la DF en el antepié (primer metatarsiano). En otras palabras, algunos pacientes con tendinopatía insercional de aquiles potencialmente evitaron y / o compensaron la falta de movimiento del retropié aumentando el movimiento en el antepié. (Chimenti et al, 2016)

Ya sea que la posición de estocada se use para evaluación o intervención, nuestros hallazgos resaltan la necesidad de controlar el movimiento que ocurre en el antepié y en el arco longitudinal medial. Por lo general, los médicos recomiendan que el "punto final" de la posición de estocada es cuando el talón comienza a levantarse del piso. Alternativamente, la bajada del arco puede ser un mecanismo para lograr una mayor inclinación tibial a pesar de una limitación en el movimiento del retropié.

Las actividades terapéuticas que incluyen movimientos de tipo estocada pueden provocar efectos no deseados, como estirar la fascia plantar, el tendón tibial posterior y / o el ligamento elástico. En contraste, apoyar el arco en

realidad puede resultar en una intervención más efectiva. Por ejemplo, Jung y cols demostraron que el estiramiento de la pierna que soportaba peso era más efectivo para alargar el gastrocnemio cuando el arco se sostenía en personas con pie plano. Juntos, estos hallazgos respaldan el uso de una órtesis para apoyar el arco longitudinal medial durante la evaluación y los ejercicios con una posición de estocada. (Chimenti et al, 2016)

### **Fascitis plantar y disfunción del músculo gastrocnemio**

La fuerza tensional del tendón de Aquiles conduce a la flexión plantar del retropié y a la dorsiflexión del antepié con un aumento asociado en las fuerzas de reacción del suelo, que naturalmente tiende a aplanar el arco del pie. El aumento de las fuerzas tensionales en el tendón de Aquiles conduce principalmente a un aumento de las fuerzas de tracción en las estructuras plantares, particularmente en la fascia plantar, lo que predispone al desarrollo de fascitis plantar.

Nakale, et al, 2018 realizó un estudio en donde hubo una asociación muy fuerte entre la fascitis plantar y la rigidez aislada del músculo gastrocnemio (RAG) y una fuerte asociación entre otras patologías de pie / tobillo e RAG usando el grupo sin patología del pie como referencia.

## **Metatarsalgia y Gastrocnemio**

La metatarsalgia primaria consiste en anomalías intrínsecas del antepié relacionadas con la anatomía metatarsiana. La deformidad metatarsiana contribuye a la sobrecarga de los metatarsianos adyacentes, causando dolor. Se ha demostrado que la contractura del músculo gastrocnemio aislada que imita la metatarsalgia primaria causa un aumento de la presión y la sobrecarga del antepié durante la marcha que conduce al dolor metatarsiano.

En el contexto de una contractura aislada del músculo gastrocnemio, la biomecánica del pie compensa la disminución de la dorsiflexión del tobillo mediante el aumento del reclutamiento del extensor largo de los dedos y del extensor largo del hallux durante la fase de oscilación de la marcha. Este reclutamiento muscular desplaza la presión que soporta el peso desde el retropié hacia el antepié. Además, la sobreextensión de las articulaciones de la falange metatarsiana descubre la cabeza del metatarso, que aplica una fuerza plantar más directa sobre la cabeza del metatarso.

Estudios anteriores han demostrado una mayor prevalencia de acortamiento gastrocnemio en pacientes con dolor de pie en comparación con la población general. DiGiovanni y colegas informaron que el 75% de los pacientes en una cohorte de 34 pacientes con patología sintomática del pie y el tobillo tenían una contractura gastrocnemio aislada. (Morales-Muñoz, 2016).

## CONCLUSIÓN

La revisión sistemática presentada en este escrito, corresponde a la revisión y análisis de 29 artículos que cumplieron con los criterios de tamizaje y selección definidos de forma previa en base a los requisitos de calidad que se describen en la metodología de investigación y que fueron definidos por el equipo de tesis con la finalidad de responder a la siguiente pregunta de investigación: ¿La disfunción del músculo gastrocnemio produce alteraciones músculo esqueléticas en el pie? Para establecer los lineamientos generales del desarrollo de esta revisión sistemática se definieron enfoques que van desde lo celular y ultraestructura, la anatomía y la biomecánica, la fisiología y fisiopatología y finalmente el enfoque funcional y relación con otras patologías para culminar con las posibles formas de tratamiento. Apoyados en la información extraída de estudios analizados que desarrollaron investigaciones en el ámbito celulares y la ultraestructura (filamentos de actina y miosina) que permite comprender el comportamiento de los tejidos. También se analizaron estudios enfocados al comportamiento de la estructura involucrada (principalmente músculo gastrocnemio, hueso calcáneo, tendón de Aquiles), estructuras circundantes o periféricas

relacionadas a nuestro foco de interés con la finalidad de dar un enfoque más integral al abordaje de la situación. Una vez estudiadas las partes integrantes, se procedió con los estudios que poseían un enfoque mayoritariamente biomecánico en los cuales se destacó el uso de la elastografía de onda cortante en modo B para identificar la rigidez de las estructuras analizadas y que tenían relación con la alteración en la dorsiflexión del tobillo. Pese a la extensa revisión de artículos, no se encontró un consenso sobre los valores de rangos de normalidad de DFT, pero sí se encontraron valores que se repetían con bastante frecuencia entre investigadores. Terminado lo biomecánicos, se comenzó el análisis funcional donde se utilizaron distintos métodos de medición para lograr identificar el método más apropiado para identificar hallazgos importantes como la dorsiflexión del tobillo limitada, ya sea por un aumento en la rigidez del músculo gastrocnemio de forma aislada o una limitación en la dorsiflexión del tobillo limitada por un aumento en la rigidez del complejo gastrocnemio sóleo utilizando pruebas con soporte del peso corporal del individuo o realizadas de manera pasiva por el terapeuta, donde las pruebas realizadas con soporte del peso corporal, tomaron mayor relevancia debido a su similitud con las actividades físicas realizadas en la vida diaria. También se lograron identificar compensaciones patológicas

como el aumento de la movilidad del antepié con respecto a la disminución de la movilidad del retropié en personas que presentan aumento en la rigidez del músculo gastrocnemio.

A lo largo de los estudios realizados en personas que presentaban patologías de pie y tobillo se observó que un alto porcentaje de personas, presentaba un aumento en la rigidez del músculo gastrocnemio la cual se presentaba de manera desigual regionalmente al interior de los vientres medial y lateral del músculo gastrocnemio.

En gran parte de los artículos analizados que constituyen el cuerpo de esta revisión se destaca de forma categórica que el aumento de la rigidez del músculo gastrocnemio y la consecuente disminución del rango de movimiento del tobillo, es la principal causa de alteraciones patológicas del pie. En los artículos donde se da mayor importancia a las propiedades físicas de los tejidos que forman parte del mecanismos de dorsiflexión y plantiflexión, en los cuales no se hace alusión de forma directa a la relación causal sobre el aumento de la rigidez del músculo gastrocnemio y la dorsiflexión del tobillo limitada se menciona con bastante frecuencia que las alteraciones del pie están acompañadas de un importante aumento de tensión en la musculatura flexora plantar del pie y la consecuente disminución de la

dorsiflexión del tobillo, por lo tanto se ha demostrado que la disfunción del músculo gastrocnemio se asocia con el desarrollo de patologías de pie y tobillo

## REFERENCIAS

1. Amis, J. (2014). The gastrocnemius: a new paradigm for the human foot and ankle. *Foot and ankle clinics*, 19(4), 637-647.
2. Attias, M., Chevalley, O., Bonnefoy-Mazure, A., De Coulon, G., Cheze, L., & Armand, S. (2016). Effects of contracture on gait kinematics: a systematic review. *Clinical Biomechanics*, 33, 103-110.
3. Bálint, G. P., Korda, J., Hangody, L., & Bálint, P. V. (2003). Foot and ankle disorders. *Best practice & research Clinical rheumatology*, 17(1), 87-111.
4. Barouk, L. S. (2014). El efecto de la rigidez gastrocnemio sobre la patogénesis del hallux valgus juvenil. *Clínicas de pie y tobillo*, 19 (4), 807-822.
5. Baumbach, S. F., Braunstein, M., Seeliger, F., Borgmann, L., Böcker, W., & Polzer, H. (2016). Ankle dorsiflexion: what is normal? Development of a decision pathway for diagnosing impaired ankle dorsiflexion and M. gastrocnemius tightness. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*, 136(9), 1203-1211.
6. Baumbach, S. F., Braunstein, M., Regauer, M., Böcker, W., & Polzer, H. (2016). Diagnosis of musculus gastrocnemius tightness-key factors for the clinical examination. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*, (113), e53446.
7. Baumhauer, JF, Daniels, T. y Glazebrook, M. (2019). Nueva tecnología en el tratamiento del hallux rígido con implante de cartílago sintético hemiartroplastia. *Clínicas Ortopédicas*, 50 (1), 109-118.
8. Besse, J-L. "Metatarsalgia." *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* 103.1 (2017): S29-S39.
9. Boris A.Zelle Freddie H.Fu. (2013). Pathogenesis of Soft Tissue and Bone Repair. *Rehabilitation for the Postsurgical Orthopedic Patient* (2-14)
10. Biz, C., Gastaldo, S., Dalmau-Pastor, M., Corradin, M., Volpin, A., & Ruggieri, P. (2018). Minimally invasive distal metatarsal diaphyseal osteotomy (DMDO) for chronic plantar diabetic foot ulcers. *Foot & ankle international*, 39(1), 83-92.
11. Bubra, P. S., Keighley, G., Rateesh, S., & Carmody, D. (2015). Posterior tibial tendon dysfunction: an overlooked cause of foot deformity. *Journal of family medicine and primary care*, 4(1), 26.
12. Brennan, S. F., Cresswell, A. G., Farris, D. J., & Lichtwark, G. A. (2017). The effect of cadence on the muscle-tendon mechanics of the gastrocnemius muscle during walking. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 27(3), 289-298.
13. Carol A. Oatis. (2017). Kinesiology: The Mechanics and Pathomechanics of Human Movement. (Edición N°2) Estados Unidos de América : Lippincott Williams & Wilkins.
14. Cortina, R. E., Morris, B. L., & Vopat, B. G. (2018). Gastrocnemius recession for metatarsalgia. *Foot and ankle clinics*, 23(1), 57-68.
15. Chan, O., Malhotra, K., Buraimoh, O., Cullen, N., Welck, M., Goldberg, A., & Singh, D. (2019). Gastrocnemius tightness: a population based observational study. *Foot and Ankle Surgery*, 25(4), 517-522.

16. Chimenti, R. L., Forenza, A., Previte, E., Tome, J., & Nawoczinski, D. A. (2016). Forefoot and rearfoot contributions to the lunge position in individuals with and without insertional Achilles tendinopathy. *Clinical Biomechanics*, 36, 40-45.
17. Chino, K., & Takahashi, H. (2016). Measurement of gastrocnemius muscle elasticity by shear wave elastography: association with passive ankle joint stiffness and sex differences. *European journal of applied physiology*, 116(4), 823-830.
18. Chiodo, CP, Smith, JT y Bluman, EM (2018). Artritis y trastornos del mediopié del hallux. *En Principios de práctica ortopédica para proveedores de atención primaria* (págs. 361-371).
19. Choi, J. K., Cha, E. J., Kim, K. A., Won, Y., & Kim, J. J. (2015). Effects of custom-made insoles on idiopathic pes cavus foot during walking. *Bio-medical materials and engineering*, 26(s1), S705-S715.
20. Cronin, NJ (2014). Los efectos de los zapatos de tacón alto en la marcha femenina: una revisión. *Revista de electromiografía y kinesiología*, 24 (2), 258-263.
21. David J Hunter & Sita Bierma Zeinstra (2019). Osteoarthritis. Seminar. Página 1.
22. Doty, J. F., & Fogleman, J. A. (2018). Treatment of rigid hammer-toe deformity: permanent versus removable implant selection. *Foot and ankle clinics*, 23(1), 91-101.
23. Edama, M., Kubo, M., Onishi, H., Takabayashi, T., Yokoyama, E., Inai, T., ... & Kageyama, I. (2016). Structure of the Achilles tendon at the insertion on the calcaneal tuberosity. *Journal of anatomy*, 229(5), 610-614.
24. Egger, A. C., & Berkowitz, M. J. (2017). Achilles tendon injuries. *Current reviews in musculoskeletal medicine*, 10(1), 72-80.
25. Geremia, J. M., Baroni, B. M., Bobbert, M. F., Bini, R. R., Lanferdini, F. J., & Vaz, M. A. (2018). Effects of high loading by eccentric triceps surae training on Achilles tendon properties in humans. *European journal of applied physiology*, 118(8), 1725-1736.
26. Glasoe, W. M. (2016). Treatment of progressive first metatarsophalangeal hallux valgus deformity: A biomechanically based muscle-strengthening approach. *journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 46(7), 596-605.
27. Haro, D. M. (2014). Usos prácticos de la toxina botulínica en niños y adolescentes en medicina física y rehabilitación. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 25(2), 209-223.
28. Heigh, E., Bohman, L., Briskin, G., Slayton, M., Amodei, R., Compton, K., & Baravarian, B. (2019). Intense Therapeutic Ultrasound for Treatment of Chronic Plantar Fasciitis: A Pivotal Study Exploring Efficacy, Safety, and Patient Tolerance. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, 58(3), 519-527.
29. Holtmann, J. A., Südkamp, N. P., Schmal, H., & Mehlhorn, A. T. (2017). Gastrocnemius Recession Leads to Increased Ankle Motion and Improved Patient Satisfaction After 2 Years of Follow-Up. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, 56(3), 589-593.
30. Huang, J., Qin, K., Tang, C., Zhu, Y., Klein, C. S., Zhang, Z., & Liu, C. (2018). Assessment of Passive Stiffness of Medial and Lateral Heads of Gastrocnemius Muscle, Achilles Tendon, and Plantar Fascia at Different Ankle and Knee Positions Using the MyotonPRO. *Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research*, 24, 7570.

31. Huerta, J. P. (2014). The effect of the gastrocnemius on the plantar fascia. *Foot and ankle clinics*, 19(4), 701-718.
32. James P. Ioli. (2018), Foot and Ankle Plantar Fasciitis. *Principles of Orthopedic Practice for Primary Care Providers*, 373-377.
33. Jastifer, J. R., & Marston, J. (2016). Gastrocnemius contracture in patients with and without foot pathology. *Foot & ankle international*, 37(11), 1165-1170.
34. Kang, M. H., Lee, D. K., Kim, S. Y., Kim, J. S., & Oh, J. S. (2015). The influence of gastrocnemius stretching combined with joint mobilization on weight-bearing ankle dorsiflexion passive range of motion. *Journal of physical therapy science*, 27(5), 1317-1318.
35. King, S. L., Vanicek, N., & O'brien, T. D. (2016). Gastrocnemius muscle architecture and Achilles tendon properties influence walking distance in claudicants with peripheral arterial disease. *Muscle & nerve*, 53(5), 733-741.
36. Kirkpatrick, J., Yassaie, O., & Mirjalili, S. A. (2017). The plantar calcaneal spur: a review of anatomy, histology, etiology and key associations. *Journal of anatomy*, 230(6), 743-751.
37. Lai, A. K., Lichtwark, G. A., Schache, A. G., & Pandy, M. G. (2018). Differences in in vivo muscle fascicle and tendinous tissue behavior between the ankle plantarflexors during running. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 28(7), 1828-1836.
38. Latarjet M. y Ruíz Liard A. Anatomía Humana. Editorial Médica Panamericana. Barcelona (2005).
39. Le Sant, G., Nordez, A., Andrade, R., Hug, F., Freitas, S., & Gross, R. (2017). Stiffness mapping of lower leg muscles during passive dorsiflexion. *Journal of anatomy*, 230(5), 639-650.
40. Lucas, D. E., & Hunt, K. J. (2015). Hallux rigidus: relevant anatomy and pathophysiology. *Foot and ankle clinics*, 20(3), 381-389.
41. Malhotra, K., Chan, O., Cullen, S., Welck, M., Goldberg, A. J., Cullen, N., & Singh, D. (2018). Prevalence of isolated gastrocnemius tightness in patients with foot and ankle pathology: a population-based study. *Bone Joint J*, 100(7), 945-952.
42. Mickle, K. J., Munro, B. J., Lord, S. R., Menz, H. B., & Steele, J. R. (2011). Soft tissue thickness under the metatarsal heads is reduced in older people with toe deformities. *Journal of Orthopaedic Research*, 29(7), 1042-1046.
43. Mickle, K. J., & Nester, C. J. (2018). Morphology of the Toe Flexor Muscles in Older Adults With Toe Deformities. *Arthritis care & research*, 70(6), 902-907.
44. Mohammadi, H. K., Mehravar, M., Kalantari, K. K., Naimi, S. S., Baghban, A. A., Okhovatian, F., ... & Taheri, N. (2018). A comparison of lower limb muscle activation pattern using voluntary response index between pronated and normal foot structures during forward jump landing. *Journal of bodywork and movement therapies*, 22(2), 379-384.
45. Molund, M., Husebye, E. E., Nilsen, F., Hellesnes, J., Berdal, G., & Hvaal, K. H. (2018). Validation of a New Device for Measuring Isolated Gastrocnemius Contracture and Evaluation of the Reliability of the Silfverskiöld Test. *Foot & ankle international*, 39(8), 960-965.

46. Morales-Muñoz, P., De Los Santos Real, R., Barrio Sanz, P., Pérez, J. L., Varas Navas, J., & Escalera Alonso, J. (2016). Proximal gastrocnemius release in the treatment of mechanical metatarsalgia. *Foot & ankle international*, 37(7), 782-789.
47. Morgan, K. D., Donnelly, C. J., & Reinbolt, J. A. (2014). Elevated gastrocnemius forces compensate for decreased hamstrings forces during the weight-acceptance phase of single-leg jump landing: implications for anterior cruciate ligament injury risk. *Journal of biomechanics*, 47(13), 3295-3302.
48. Morse, C. I. (2011). Gender differences in the passive stiffness of the human gastrocnemius muscle during stretch. *European journal of applied physiology*, 111(9), 2149-2154.
49. Mortka, K., Lisiński, P., & Wiertel-Krawczuk, A. (2018). The study of surface electromyography used for the assessment of abductor hallucis muscle activity in patients with hallux valgus. *Physiotherapy theory and practice*, 34(11), 846-851.
50. Mosteo, A. S., Spink, M. J., & Chuter, V. H. (2018). Validation of a weight bearing ankle equinus value in older adults with diabetes. *Journal of foot and ankle research*, 11(1), 62.
51. Nakale, N. T., Strydom, A., Saragas, N. P., & Ferrao, P. N. (2018). Association between plantar fasciitis and isolated gastrocnemius tightness. *Foot & ankle international*, 39(3), 271-277.
52. Nečas, L., Hrubina, M., Skotak, M., Melisik, M., Lisy, P., & Cibula, Z. (2019). Bunionette deformity corrected with “shortening” scarf osteotomy of the fifth metatarsal: mid-term results of a 34-cases. *Foot and Ankle Surgery*.
53. Nunes, G. S., Tessarin, B. M., Silva, R. S., & Serrão, F. V. (2019). Relationship between the architecture and function of ankle plantar flexors with Achilles tendon morphology in ballet dancers. *Human movement science*, 67, 102494.
54. Nuri, L., Obst, S. J., Newsham-West, R., & Barrett, R. S. (2017). Regional three-dimensional deformation of human Achilles tendon during conditioning. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 27(11), 1263-1272.
55. Pecheva, M., Devany, A., Nourallah, B., Cutts, S., & Pasapula, C. (2018). Long-term follow-up of patients undergoing tibialis posterior transfer: ¿Is acquired pes planus a complication? *The Foot*, 34, 83-89.
56. Pekala, P. A., Drzymała, A., Kaythampillai, L., Skinningsrud, B., Mizia, E., Rok, T., ... & Tomaszewski, K. A. (2019). The influence of aging on the insertion of the Achilles tendon: a magnetic resonance study. *Clinical Anatomy*.
57. Pingel, J., Bartels, E. M., & Nielsen, J. B. (2017). New perspectives on the development of muscle contractures following central motor lesions. *The Journal of physiology*, 595(4), 1027-1038.
58. Ramineni, S. K. (2017). Adult-Acquired Flat Foot Deformity. In *Orthopedic Surgery Clerkship* (pp. 431-433).
59. Ridley, L. J., Han, J., Ridley, W. E., & Xiang, H. (2018). Claw toe. *Journal of medical imaging and radiation oncology*, 62, 126-126.
60. Rodriguez-Sanz, D., Losa-Iglesias, M. E., Becerro de Bengoa-Vallejo, R., Palomo-Lopez, P., Beltran-Alacreu, H., Calvo-Lobo, C., ... & Lopez-Lopez, D. (2018). Skin

temperature in youth soccer players with functional equinus and non-equinus condition after running. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 32(11), 2020-2024.

61. Romero-Morales, C., Martín-Llantino, P. J., Calvo-Lobo, C., Palomo-López, P., López-López, D., Pareja-Galeano, H., & Rodríguez-Sanz, D. (2019). Comparison of the sonographic features of the Achilles Tendon complex in patients with and without achilles tendinopathy: A case-control study. *Physical Therapy in Sport*, 35, 122-126.

62. Shi, G. G., Humayun, A., Whalen, J. L., & Kitaoka, H. B. (2018). Management of Bunionette Deformity. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 26(19), e396-e404.

63. Shirley Sahrman and associates (2011). Movement system impairment syndromes of the extremities, cervical and thoracic spines: Considerations for acute and long-term management. (Edición N°1). Publicado en Estados Unidos, editado por Shirley Sahrman

64. Smith, J. T., Bluman, E. M., & Chiodo, C. P. (2017). Soft Tissue Disorders of the Ankle. In *Principles of Orthopedic Practice for Primary Care Providers* (pp. 339-360).

65. Smith, K. S., Jones, C., Pinter, Z., & Shah, A. (2018). Isolated gastrocnemius recession for the treatment of Achilles tendinopathy. *Foot & ankle specialist*, 11(1), 49-53.

66. Smith, L. R., Lee, K. S., Ward, S. R., Chambers, H. G., & Lieber, R. L. (2011). Hamstring contractures in children with spastic cerebral palsy result from a stiffer extracellular matrix and increased in vivo sarcomere length. *The Journal of physiology*, 589(10), 2625-2639.

67. Solan, M. C., Carne, A., & Davies, M. S. (2014). Gastrocnemius shortening and heel pain. *Foot and ankle clinics*, 19(4), 719-738

68. Tan, A. C. K., Tang, Z. H., & Fadil, M. F. B. M. (2017). Cadaveric Anatomical Study of Sural Nerve: Where is The Safe Area for Endoscopic Gastrocnemius Recession?. *The open orthopaedics journal*, 11, 1094.

69. Vinagre, G., Alfonso, M., Cruz-Morande, S., Hernández, M., & Villas, C. (2017). Efficacy of pedobarographic analysis to evaluate proximal medial gastrocnemius recession in patients with gastrocnemius tightness and metatarsalgia. *International orthopaedics*, 41(11), 2281-2287.

70. Wang, D., & SooHoo, N. F. (2016). Posterior tibial tendon dysfunction. In *Foot and Ankle Disorders* (pp. 355-370).

71. Wu, S. K., Lou, S. Z., Lee, H. M., Chen, H. Y., & You, J. Y. (2014). Gastrocnemius inflexibility on foot progression angle and ankle kinetics during walking. *Clinical Biomechanics*, 29(5), 556-563.

72. Zöllner, A. M., Pok, J. M., McWalter, E. J., Gold, G. E., & Kuhl, E. (2015). On high heels and short muscles: a multiscale model for sarcomere loss in the gastrocnemius muscle. *Journal of theoretical biology*, 365, 301-310.

73. Zhou, J., Liu, C., & Zhang, Z. (2019). Non-uniform Stiffness within Gastrocnemius-Achilles tendon Complex Observed after Static Stretching. *Journal of sports science & medicine*, 18(3), 454.