



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Grado en Podología
Curso académico 2021-2022

INSUFICIENCIA DEL GLÚTEO
MEDIO EN PIES PRONADOS

Trabajo de final de grado

Alumna:
Laia Ujja Andrés

Tutora:
Gemma Navarro Román

Código de asignatura: 360416

Índice

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	3
HIPÓTESIS	5
OBJETIVOS	5
MATERIAL Y MÉTODOS	5
FUENTES DE DATOS.....	5
ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA.....	5
<i>FIGURA 1. DIAGRAMA DE FLUJO PRISMA EN 3 NIVELES</i>	6
<i>TABLA 1. ESTUDIOS SELECCIONADOS</i>	7
CRITERIOS DE INCLUSIÓN.....	7
CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.....	8
RESULTADOS	8
CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS.....	8
<i>TABLA 2. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS DIFERENTES ARTÍCULOS</i>	10
DISCUSIÓN	12
LIMITACIONES	14
CONCLUSIONES	15
BIBLIOGRAFÍA	16

Resumen

Una incorrecta sinergia muscular genera alteraciones estructurales pudiendo ser desencadenante de futuras lesiones. El glúteo medio (GM) es un músculo de interés podológico dada su relación con los mecanismos adaptativos en la extremidad inferior, en concreto, la pronación del pie.

Los objetivos del trabajo fueron, en primer lugar, comprobar la prevalencia de la insuficiencia del GM en pies pronados y, en segundo lugar, analizar la activación muscular del glúteo medio en pies pronados (PP) en comparación con pies neutros (PN).

Se realizó una búsqueda bibliográfica de artículos publicados en las bases de datos Scopus (Elsevier), Cochrane y Medline (Pubmed), para poder comparar la diferencia de activación del GM tanto en PP como PN publicados hasta el 29 de abril de 2022.

Cinco artículos fueron extraídos reuniendo un total de 179 pacientes divididos en dos grupos mediante el Navicular Drop y el FPI; 93 neutros y 86 pronados. El registro muscular se realizó mediante la electromiografía (EMG) de superficie. Los análisis de los estudios indicaron que la prevalencia no es concluyente ya que no existen diferencias significativas de la actividad muscular del GM entre los grupos PP y PN realizando una actividad física baja, con una muestra de personas de <30 años, que no presentan algias, patologías o problemas neurológicos.

Palabras clave: pie pronado, insuficiencia, glúteo medio, electromiografía.

Abstract

An incorrect muscular synergy generates structural alterations that can be a trigger for future injuries. The gluteus medius (GM) is of podiatric interest given its relationship with the adaptive mechanisms in the lower extremity, specifically, foot pronation.

The objectives of the work were, firstly, to verify the prevalence of GM insufficiency in pronated feet and, secondly, to analyze the muscle activation of the gluteus medius in pronated feet (PP) compared to neutral feet (PN).

A bibliographic search of articles published in the Scopus (Elsevier), Cochrane and Pubmed (Medline) databases was carried out, in order to compare the difference in GM activation in both PP and PN published up to April 29, 2022.

Five articles were extracted, gathering a total of 179 patients divided into two groups using the Navicular Drop and the FPI; 93 neutral and 86 pronated. Muscle recording was performed by surface electromyography (EMG). The analyzes of the studies indicated that the prevalence is not conclusive since there are no significant differences in the muscle activity of the GM between the PP and PN groups performing low physical activity, with a sample of people aged <30 years, who do not present pain, pathologies or neurological problems.

Key words: pronated foot, weakness, gluteus medius, electromyography.

Introducción

La marcha y funcionalidad fisiológicas del pie son el resultado de una correcta coordinación sensitivo-motora del sistema musculoesquelético, presente primordialmente en las extremidades inferiores¹. Las contracciones musculares que permiten el movimiento se realizan siempre de forma conjunta mediante la sinergia de varios grupos musculares combinados para realizar una misma acción¹. Cuando un músculo no ejerce o disminuye su acción ante un movimiento se ve alterada esta relación, por ejemplo, ante una miastenia o insuficiencia muscular². La debilidad del glúteo medio (GM) es de alto interés podológico dada su relación con alteraciones adaptativas de segmentos más distales de la extremidad inferior, como es el caso del pie³. En la actualidad, existen estudios que demuestran que la debilidad o inhibición del GM está relacionada con diferentes lesiones en la extremidad inferior como la lesión del ligamento cruzado anterior, síndrome patelofemoral, etc⁴.

El glúteo medio es un músculo plano y su función principal es la estabilización en el plano frontal y transversal de la articulación coxofemoral durante el apoyo monopodal. Su origen anatómico se encuentra a lo largo de la cresta y fosa ilíaca externa, entre las líneas glúteas anterior y posterior del hueso homónimo. Sus fibras, clasificadas según su disposición en anteriores, medias y posteriores, forman un amplio tendón hasta su inserción, en la superficie lateral del trocánter mayor femoral^{5,6}. Por tanto, dada su relación de perpendicularidad con la articulación, su acción principal consiste en la abducción de cadera, aunque también se le atribuyen acciones secundarias como la flexión y rotación interna de cadera (fibras anteriores); o extensión y rotación externa (fibras posteriores)^{5,6,7}. Su activación máxima durante la marcha es durante el periodo de oscilación de la extremidad inferior contralateral, impidiendo mediante la contracción excéntrica la movilización excesiva de la pelvis, que surge del desplazamiento del centro de masas durante esta fase de la marcha⁸.

La aparición de algias referidas por el paciente, alteraciones en los patrones de la marcha y estructurales o la orientación diagnóstica mediante el Test de Trendelenburg pueden ser indicativos de una disfunción del GM⁹. Aun así, tanto la confirmación clínica de

la patología, como la validez científica objetiva de los datos resultantes, se obtiene mediante su *gold standard*: la electromiografía (EMG)^{6,10}.

La EMG de superficie permite conocer el registro dinámico de la actividad eléctrica de los músculos, que nos permite captar, representar, almacenar, analizar y clasificar las señales mioeléctricas¹⁰. Los músculos están formados por multitud de fibras musculares, las cuales se contraen debido a la despolarización de la célula nerviosa, llegando a la fibra muscular por medio de su conexión anatómica neurona-fibra muscular. A este fenómeno se le denomina *potencial de acción* (PA), que se expresa mediante unidades de voltaje, siendo este siempre constante. La diferencia de fuerza se obtiene a expensas del mayor o menor reclutamiento de fibras musculares y de las contracciones producidas por segundo por una misma fibra muscular. La suma del voltaje total (todos los PA) por unidad de tiempo es el dato arrojado por la EMG⁷. Debido al rango de las señales EMG, es necesaria una normalización de esta para contrastar datos entre individuos⁷. Dado que nos permite obtener el registro de la actividad muscular simultánea al movimiento, el análisis cinemático se ve apoyado en el análisis cinético permitiendo al clínico una mejor comprensión del comportamiento motor⁷.

A principios del siglo XX aparece el primer artículo sobre el pie pronado como clínicamente significativo¹¹, y hasta la actualidad numerosos estudios han demostrado una relación directa con patologías en la EEII^{12,13}.

El término *pronación* proviene del latín *pronus* –su significado es ‘inclinado hacia delante’– y del sufijo *-ción*. La pronación del pie es el resultado del movimiento fisiológico de la articulación subastragalina, que en cadena cinética abierta está descrito como la suma de los movimientos de abducción, eversión y dorsiflexión a través del eje articular¹⁴. Todo ello se traduce durante el apoyo podal, siendo por tanto en cadena cinética cerrada, una valgización del retropié, resultante de una aducción y plantar flexión del astrágalo, respecto a un calcáneo evertido bloqueado por la superficie de sustentación¹⁵. La pronación dentro de su rango de movimiento normal aporta el componente compensatorio del pie, necesario para su adaptación a las posibles irregularidades del suelo, así como la correcta distribución de fuerzas reactivas del suelo resultantes que contribuyen a una sana absorción de impactos⁷.

Teniendo en cuenta todos estos conceptos, es de interés podológico observar la relación que pueda existir entre la insuficiencia del GM en pacientes que presentan un exceso de pronación.

Hipótesis

- Valorar la relación biomecánica que tiene la insuficiencia/inhibición del glúteo medio con los pies pronados.

Objetivos

- Comprobar la prevalencia de la insuficiencia del glúteo medio en pies pronados.
- Analizar la activación muscular del glúteo medio en pies pronados en comparación con pies neutros.

Material y Métodos

Fuentes de datos

Los artículos potencialmente elegibles se identificaron mediante una búsqueda sistemática en Scopus (Elsevier), Cochrane y Medline (Pubmed) hasta el 29 de abril de 2022. Se utilizaron buscadores externos dados los pocos estudios obtenidos en las diferentes bases de datos biomédicas. Adicionalmente, diferentes estudios y bibliografías de los artículos incluidos fueron revisados manualmente para poder obtener las diferentes referencias adicionales.

Estrategia de búsqueda

La estrategia de búsqueda utilizada para encontrar los artículos relativos a estudios relacionados con el efecto de la pronación del pie sobre la actividad muscular del glúteo medio y así poder llevar a cabo con mayor exactitud la realización de los objetivos de esta revisión fue la siguiente: se realizó una misma búsqueda en las tres bases de datos Scopus, Cochrane y Medline:

La combinación de términos que mostró mejores resultados en el buscador fue la siguiente:
((foot pronation) AND (gluteus medius)) AND (electromyography)

Tabla 1. Estudios seleccionados

Autor	Año	Título	Tipo de estudio	Nivel de evidencia
Denyer JR, <i>et al.</i> ¹⁶	2013	Foot structure and muscle reaction time to a simulated ankle sprain.	Ensayo clínico	II
Jafarmezhadgero AA, <i>et al.</i> ¹⁷	2019	Ground reaction forces and muscle activity while walking on sand versus stable ground in individuals with pronated feet compared with healthy controls.	Ensayo clínico	II
Farahpour N, <i>et al.</i> ¹⁸	2018	Muscle activity and kinetics of lower limbs during walking in pronated feet individuals with and without low back pain.	Ensayo clínico	II
Sadler S, <i>et al.</i> ¹⁹	2020	An exploratory study investigating the effect of foot type and foot orthoses on gluteus medius muscle activity.	Ensayo clínico	II
Khodaveisi H, <i>et al.</i> ²⁰	2015	Comparison of selected muscular activity of trunk and lower extremities in young women's walking on supinated, pronated and normal foot.	Ensayo clínico y búsqueda bibliográfica	II

El nivel de evidencia científica de los artículos se ha basado en la clasificación Oxford.

Criterios de inclusión

Para obtener los estudios relevantes, todos los títulos y resúmenes obtenidos a partir de la estrategia de búsqueda fueron supervisados y se incluyeron aquellos que cumplían los siguientes criterios:

- I. La medición de la actividad muscular fue hecha con EMG

- II. El pie tuvo que ser clasificado como pronado y neutro mediante el FPI o el Navicular Drop
- III. El tamaño de la muestra de los participantes fue mayor a N=1
- IV. Los participantes tenían que ser mayores de 18 años.

Criterios de exclusión

- I. Los participantes que presentaban enfermedades, lesiones, dolores o problemas neurológicos
- II. Se descartaron los datos con uso de ortesis, soportes plantares y vendajes

Resultados

Características de los estudios incluidos

El rango de edad que hemos encontrado en la población estudiada fue desde los 18 hasta los 30 años. Un total de 179 pacientes divididos en dos grupos mediante el Navicular Drop y el FPI; 93 neutros y 86 pronados fueron incluidos en los 5 artículos analizados. La actividad muscular fue recogida por EMG de superficie siguiendo las recomendaciones europeas (SENIAM).

Los datos de la EMG fueron analizados de diferente manera en cada artículo; Denyer JR, *et al.*¹⁶, recoge la señal cada milisegundo en una tabla Excel personalizada, por lo que los datos obtenidos se refieren al tiempo de reacción del músculo frente a los movimientos de una plataforma basculante. El resto de los artículos realizan un estudio en dinámica a velocidad autoseleccionada con calentamiento previo de reconocimiento, en un terreno llano y firme exceptuando a Jafarmezhadgero A.A., *et al.*¹⁷ que realiza una comparación de terrenos con arena y suelo firme.

Jafarmezhadgero AA, *et al.*¹⁷ divide los datos en 4 fases de la marcha (Fase de carga 0-20%; Postura intermedia 20-47%; Impulso 47-70%; Fase de balanceo 70-100%), ayudándose de una plataforma de presiones para ser más preciso, y obtiene el porcentaje de concentración voluntaria isométrica máxima. El estudio de Khodaveisi H., *et al.*²⁰ y Jafarmezhadgero, AA. *et al.*¹⁷ utilizan el mismo porcentaje de normalización de señal y

divide la marcha en fases. Sadler S, et al.¹⁹ realiza una abducción en decúbito lateral aplicando una resistencia, además de una marcha para la obtención de datos, adquiriendo de ahí el porcentaje de contracción voluntaria isométrica máxima (%CVIM) y ayudándose de los sensores Delsys FSR para dividir la marcha en fases. Por último, el estudio realizado por Farahpour N, *et al.*¹⁸ utiliza el porcentaje de contracción voluntaria isométrica submáxima (%CVISM) dividido en fases de la marcha y utilizando además de la placa de fuerza, un sistema Vicon.

La recogida de datos se les realizó a todos los pacientes de manera unilateral, en concreto la extremidad inferior derecha.

El resumen de los resultados de los 5 artículos analizados se encuentra en la Tabla 2.

Tabla 2. Resumen de resultados de los diferentes artículos

Autor	Muestra (n)	Recogida de datos	Resultados en porcentaje de activación	Normalización EMG	Conclusiones
Denyer, J.R. et al. ¹⁶	P: 10 N: 10	- ND - EMG	P: 54,0±10,9 m/s N: 52,0±10,2m/s Estos datos corresponden al tiempo de activación	Tiempo de reacción de activación muscular	No se encontraron diferencias significativas entre los P y N en cuanto al tiempo de reacción del GM.
Jafarmezhadgero, A.A. et al. ¹⁷	P: 30 N: 29	- ND - FPI - EMG - PF	<i>Fase de contacto inicial:</i> P: 19.45±15.29% N:25.14±22.36% <i>Fase de apoyo medio:</i> P: 15.76±15.12% N:19.32±16.83% <i>Fase de preoscilación:</i> P: 12.13±8.71% N: 16.85±17.94% <i>Fase de oscilación:</i> P: 16.73±18.13% N:18.17±13.78%	%CVIM	Las diferencias de activación muscular del GM entre los grupos de estudios no fueron significativas.
Farahpour, N. et al. ¹⁸	P: 15 N:15	- ND - FPI - EMG - PF - Vicon	P: 80,5±65.0% N: 48,4±27,3%	%CVISM	Las diferencias de activación del GM no fueron significativas entre los dos grupos de muestra.

Autor	Muestra (n)	Recogida de datos	Resultados en porcentaje de activación	Normalización EMG	Conclusiones
Sadler, S. et al. ¹⁹	P: 16 N: 24	- FPI - EMG - Sensores Delsys	<i>Amplitud media:</i> N: 8,18 (6,63) % P: 7,12 (3,47) %	%CVIM	A pesar de encontrar niveles bajos de actividad muscular de GM en aquellos con puntuación de FPI más alto, las diferencias no son significativas.
Khodaveisi, H. et al. ²⁰	P: 15 N: 15	- Rx - FPI - EMG - Vicon	<i>Fase de choque de talón:</i> N: 1.89 ± 6.28% P: 3.58 ± 7.70% <i>Apoyo medio:</i> N: 1.51 ± 7.43% P: 1.34 ± 7.96%	%CVIM	No se encontraron diferencias significativas de los porcentajes de activación del GM entre los dos grupos de muestra.

ND: Navicular Drop; EMG: Electromyography; FPI: Foot Posture Index; PF: Plataforma de fuerza; Rx: Rayos x; P: Pronado; N: Neutro; CVIM: Concentración Voluntaria Isométrica Máxima; CVISM: Concentración Voluntaria Isométrica Submáxima; GM: Glúteo Medio.

Discusión

Se ha demostrado que la debilidad del GM provoca la aducción de cadera y, en consecuencia, la rotación interna de fémur, valgo de rodilla y rotación interna de tibia^{17,20}. Este patrón estructural está directamente relacionado con un desplazamiento del astrágalo y, por tanto, una medialización de su eje articular con el calcáneo, favoreciendo la aparición de un pie excesivamente pronado^{17,21,22}.

En esta revisión se pretende en primer lugar, comprobar la prevalencia de la insuficiencia del GM en pies pronados. En segundo lugar, analizar la activación muscular del GM en pies pronados comparado con pies neutros.

Los resultados entre sí no son totalmente equiparables, ya que existen una serie de factores que nos lo impiden y que pueden acarrear cambios en la activación muscular como la diferencia de normalización de la actividad electromiográfica, así como la actividad realizada al registrar los datos, el hecho de llevarlas a cabo con un calentamiento previo y ejecutarlas calzado o descalzo. Por otra parte, cabe destacar la temprana edad de todos los sujetos, que está presente en todos los artículos, así como que no presentan dolor, patologías o lesiones.

En cuanto al método de clasificación del pie, Denyer, J.R. *et al.*¹⁶ utiliza exclusivamente el Navicular Drop para catalogar el pie, siendo una medición de altura del navicular, que puede llevar a confundir la pronación con una alteración ósea, a diferencia del FPI, que es una prueba descrita, reuniendo un conjunto de características con validez científica con la que podemos cuantificar el grado de pronación del pie y que ha demostrado una buena validación y fiabilidad moderada alta entre evaluadores²³. Por otro lado, en esta clasificación se obtiene de referencia solo la postura del paciente en estática sin tener en cuenta su dinámica. Un análisis de la marcha registrada mediante métodos cuantitativos con los que podemos examinar la distribución de presiones y la velocidad a la que estas son realizadas para diferenciar los tipos de pies hubiese sido más acertado.

Son también de interés clínico los resultados que estos mismos autores obtuvieron del registro electromiográfico de otros grupos musculares extrínsecos del pie, que van acorde con las líneas actuales de investigación^{24,25,26}. Denyer J.R., *et al.*¹⁶ muestra una actividad del

peroneo lateral largo de hasta un 25% más lento en PP, coincidiendo con Khodaveisi, H. *et al.*²⁰ que muestra una disminución de la actividad en la fase de contacto inicial y apoyo medio.

Otro músculo a destacar es el tibial anterior. Su actividad en PP fue de un 13,5% mayor en el artículo Farahpour N., *et al.*¹⁸ coincidiendo con Khodaveisi, H. *et al.*²⁰. Este es requerido para desacelerar la flexión plantar del tobillo y resistir la pronación del pie, mayormente en la fase de contacto, siendo una adaptación neuromuscular para compensar la pronación excesiva del pie²⁰. En los resultados de Denyer J.R., *et al.*¹⁶ no se encuentran diferencias significativas pudiendo influir el factor calzado o ejercicio físico.

Los resultados de la activación del GM comparado con los dos grupos no son significativos, por ello, Denyer J.R., *et al.*¹⁶ asocia sus resultados a que posiblemente la plataforma basculante no sea lo suficientemente estresante como para provocar una activación glútea ya que el propio tobillo es capaz de reequilibrar los ángulos de basculación. La autora sugiere que en próximos estudios se utilicen plataformas más dinámicas o de salto, para conseguir un requerimiento muscular más proximal.

Jafarmezhadgero A.A., *et al.*¹⁷ en relación a la confrontación de superficie, en arena los momentos máximos abductor/aductor de cadera fueron mayores que en suelo; sin embargo, las diferencias de la actividad del GM no eran significativas, asociándolo a una marcha más lenta en el suelo de arena. Son necesarios estudios a largo plazo para observar si realmente la arena ayuda a la musculatura antipronadora como medio preventivo o de rehabilitación.

Farahpour N., *et al.*¹⁸ discute que, aunque las actividades del GM se elevaron en el grupo de PP, no fueron suficientes como para resultar significativas. Una bilateralidad de los datos nos podría dar una orientación de simetría/asimetría a la hora de comparar la actividad eléctrica de los músculos.

Khodaveisi H., *et al.*²⁰ vincula sus resultados a que se trata de un estudio realizado solo en mujeres y dado que se ha demostrado que los hombres tienen una actividad promedio del glúteo medio significativamente mayor²⁷, esta puede ser la causa de que no muestren diferencias significativas en los diferentes tipos de pie.

Sadler, S. *et al.*¹⁹ sugiere una reflexión parecida a Denyer JR, *et al.*¹⁶ ya que el intento de control de pronación se realiza distalmente, al menos en este tipo de actividad. Para ello, se necesitaría realizar un estudio junto a otros músculos y no solo del GM.

Podemos suponer una mayor diferenciación de los resultados electromiográficos, si las condiciones experimentales se hubiesen basado en una mayor exigencia muscular, un mayor rango de edad (que abarcara no tan solo a sujetos menores de 30 años), o que estos presentaran algún tipo de patología, lesión dolorosa o antecedente quirúrgico.

Por último, el hecho de descartar aquellos artículos que no comparen los tipos de pies en neutros y pronados, ha sido un desacierto para llevar a cabo un buen análisis muscular ya que pasamos por alto aquellos que realizan una comparativa de PP con ejercicios, ortesis o vendajes antipronadores, en los cuales podríamos observar la diferencia de activación muscular antes y después de su uso.

Limitaciones

La heterogeneidad de los métodos de estudio en las diferentes publicaciones recogidos en esta revisión limita que se complete de forma satisfactoria nuestra hipótesis inicial. Por ello, es esencial un estudio más profundo al respecto, centrado en el análisis específico de la incidencia de la insuficiencia del glúteo medio en pacientes que presentan pies pronados.

La mayor limitación de esta revisión ha sido escoger exclusivamente artículos que comparen los dos grupos de pies: neutros y pronados y eliminar las comparaciones con ortesis, vendajes y soportes plantares, para poder analizar la muestra antes y después de su uso, ya que de esta manera podríamos observar si existe una actividad muscular superior controlando el factor hiperpronación.

Conclusiones

Parece existir una relación directa de una disminución de la actividad del GM con los pies pronados. Sin embargo, en base a la bibliografía recogida en esta revisión, a pesar de que encontremos valores de %CVIM y tiempos de reacción más lento, no es concluyente la prevalencia, ya que las diferencias entre los grupos no son significativas, pudiendo verse alterada por las condiciones experimentales en las que ha sido obtenido el registro de datos.

No existe una diferencia significativa de la actividad muscular del GM entre los grupos PP y PN realizando una actividad física baja, con una muestra de personas de <30 años, que no presentan algias, patologías o problemas neurológicos.

Bibliografía

- 1.- Minuchin, P., 2000. *Fisiología del ejercicio II*. 1ra ed. Buenos Aires: Editorial Nobuko, pp.26-31.
- 2.- Perdomo Hernández, M. M. (2021). Control Motor en la prevención del Desorden Musculo-esquelético. *Movimiento Científico*, 14(2). <https://doi.org/10.33881/2011-7191.mct.14203>.
- 3.- Marshall G (2004). Stance and gait. *Patient Care* 15:55(61).
- 4.- Araya Baltra R, Castro Mella D. Activación del músculo glúteo medio y tensor de la fascia lata en los ejercicios Wallbagner y Pelvic Drop [Licenciatura]. Universidad de Chile; 2011.
- 5.- Fonseca Moreno, E. (2009). *Atlas: anatomía topográfica*.. Editorial Universitaria. <https://elibro-net.sire.ub.edu/es/lc/craiub/titulos/71375>.
- 6.- John B Cronin, Justin W L Keogh, Laura Presswood y Chris Whatman (2008). *Glúteo Medio: Anatomía Aplicada, Disfunción, Valoración y Fortalecimiento Progresivo*. PubliCE. <https://g-se.com/gluteo-medio-anatomia-aplicada-disfuncion-valoracion-y-fortalecimiento-progresivo-1109-sa-a57cfb271bf2da>.
- 7.- Martínez Zazo, S., 2020. *Biomecánica clínica de la marcha y su relación con patología musculoesquelética*. 2nd ed. NeuroMotion Control.
- 8.- Diplomada F, María A, Lancha M. Relación entre la pronación del pie y el síndrome del piramidal en el corredor Relationship between the pronation of the foot and the syndrome of the pyramid in the corridor [Internet]. 1997. Available from: <http://www.efdeportes.com/http://www.efdeportes.com/efd206/el-sindrome-del-piramidal-en-el-corredor.htm>.
- 9.- Laura Presswood, John Cronin, Justin W.L. Keogh, and Chris Whatman. Gluteus Medius: Applied Anatomy, Dysfunction, Assessment, and Progressive Strengthening. *Strength and Conditioning Journal*; 30(5):41-53; 2008.
- 10.- Gila, L., Malanda, A., Rodríguez Carreño, I., Rodríguez Falces, J. and Navallas, J., 2009. Métodos de procesamiento y análisis de señales electromiográficas. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 32.

- 11.- Tiberio D. The effect of excessive subtalar joint pronation on patellofemoral mechanics: a theoretical model. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1987;9(4):160-5. doi: 10.2519/jospt.1987.9.4.160. PMID: 18797010.
- 12.- Kaufman KR, Brodine SK, Shaffer RA, Johnson CW, Cullison TR. The effect of foot structure and range of motion on musculoskeletal overuse injuries. *Am J Sports Med.* 1999;27(5):585–593.
- 13.- Williams DS III, McClay IS, Hamill J. Arch structure and injury patterns in runners. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2001;16(4):341– 347.
- 14.- Root ML. Movimiento de las articulaciones del pie. En: Root ML. *Función normal y anormal del pie.* 1st ed. Barcelona. Editorial base; 2012. 1-61.
- 15.- Perry J. Complejo pie tobillo. En: Perry J. *Análisis de la marcha: Función normal y patológica.* 1st ed. Barcelona. Editorial Base 2015. 51-84.
- 16.- Denyer JR, Hewitt NL, Mitchell AC. Foot structure and muscle reaction time to a simulated ankle sprain. *J Athl Train.* 2013 May-Jun;48(3):326-30. doi: 10.4085/1062-6050-48.2.15. Epub 2013 Feb 20. PMID: 23675791; PMCID: PMC3655745.
- 17.- Jafarnezhadgero A, Fatollahi A, Amirzadeh N, Siahkouhian M, Granacher U. Ground reaction forces and muscle activity while walking on sand versus stable ground in individuals with pronated feet compared with healthy controls. *PLoS One.* 2019 Sep 26;14(9):e0223219. doi: 10.1371/journal.pone.0223219. PMID: 31557258; PMCID: PMC6762175.
- 18.- Farahpour N, Jafarnezhadgero A, Allard P, Majlesi M. Muscle activity and kinetics of lower limbs during walking in pronated feet individuals with and without low back pain. *J Electromyogr Kinesiol.* 2018 Apr;39:35-41. doi: 10.1016/j.jelekin.2018.01.006. Epub 2018 Jan 31. PMID: 29413451.
- 19.- Sadler S, Spink M, de Jonge XJ, Chuter V. An exploratory study investigating the effect of foot type and foot orthoses on gluteus medius muscle activity. *BMC Musculoskelet Disord.* 2020 Oct 7;21(1):655. doi: 10.1186/s12891-020-03683-7. PMID: 33028280; PMCID: PMC7542334.
- 20.- Khodaveisi H, Sadeghi H, Memar R et al. Comparison of selected muscular activity of trunk and lower extremities in young women's walking on supinated, pronated and normal foot. *Apunts. Medicina de l'Esport.*

- 21.- Kouhzad Mohammadi H, Mehravar M, Khademi Kalantari K, Naimi SS, Akbarzadeh Baghban A, Okhovatian F, Rezasoltani A, Mohseni Bandpei MA, Taheri N. A comparison of lower limb muscle activation pattern using voluntary response index between pronated and normal foot structures during forward jump landing. *J Bodyw Mov Ther.* 2018 Apr;22(2):379-384. doi: 10.1016/j.jbmt.2017.07.004. Epub 2017 Jul 21. PMID: 29861238.
- 22.- Chuter VH, de Jonge XA. Proximal and distal contributions to lower extremity injury: a review of the literature. *Gait Posture.* 2012; 36(1): 7–15. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.02.001> PMID: 22440758.
- 23.- [19308264 - Journal of the American Podiatric Medical Association] Reliability of the Foot Posture Index and Traditional Measures of Foot Position.
- 24.- Murley GS, Landorf KB, Menz HB, Bird AR. Effect of foot posture, foot orthoses and footwear on lower limb muscle activity during walking and running: a systematic review. *Gait Posture.* 2009;29(2):172–87.
- 25.- Gray EG, Basmajian JV. Electromyography and cinematography of leg and foot (“normal” and flat) during walking. *Anat Rec.* 1968; 161(1): 1–15. <https://doi.org/10.1002/ar.1091610101> PMID: 5664082.
- 26.- Hunt AE, Smith RM. Mechanics and control of the flat versus normal foot during the stance phase of walking. *Clin Biomech.* 2004; 19(4): 391–7.
- 27.- Hart JM, Garrison JC, Kerrigan DC, Palmieri-Smith R, Ingersoll CD. Gender differences in gluteus medius muscle activity exist in soccer players performing a forward jump. *Res Sports Med.* 2007;15:147-55.

