



RIDUNAJ
Repositorio Institucional
Digital UNAJ



Universidad Nacional
ARTURO JAURETCHE

Tesinas de Grado

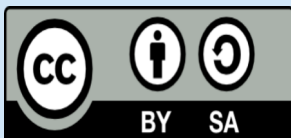
Benítez, Javier Alejandro

Efectos de la terapia kinésica sobre la recuperación funcional en pacientes con pie plano adquirido

Instituto de Ciencias de la Salud

*Carrera: Licenciatura en Kinesiología y
Fisiatría*

2024



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons.

Atribución – Compartir igual 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Documento descargado de RID - UNAJ Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Arturo Jauretche

Cita recomendada:

Benítez, J. A. (2024). *Efectos de la terapia kinésica sobre la recuperación funcional en pacientes con pie plano adquirido* [Tesis de grado, Universidad Nacional Arturo Jauretche].

<https://rid.unaj.edu.ar/handle/123456789/3439>



Instituto de Ciencias de la Salud

TESINA

Presentada para acceder al título de grado en la carrera de

LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA

Título:

“Efectos de la terapia kinésica sobre la recuperación funcional en pacientes con pie plano adquirido”

Autor:

Benítez, Javier Alejandro

Legajo 37389

Director:

Lic. Cozzi, Gerardo

Fecha de presentación:

6/11/2024

Firma del autor: _____

Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a los profesores con los que he tenido el honor de cursar las materias a lo largo de mi paso por esta institución. No solo me han brindado guía y conocimiento en lo académico, sino que también me han inspirado con sus cualidades humanas.

Durante mi tiempo en la Universidad Nacional Arturo Jauretche, tuve la fortuna de conocer compañeros y amigos que siempre se mostraron atentos y solidarios, no solo conmigo, sino con todos aquellos con quienes compartieron este trayecto.

A mi director, Gerardo Cozzi que, con su infinita paciencia y orientación, hizo posible que este trabajo alcanzara un nivel digno de coronar mi formación como Licenciado en Kinesiología y Fisiatría.

A mis amigos que directa o indirectamente estuvieron a mi lado para brindarme apoyo mientras llevaba adelante el proceso de formación en la universidad.

Un agradecimiento especial a la flamante Licenciada Marta Cardozo, quien me acompañó de manera incondicional, especialmente en la última etapa de mi carrera.

A mis padres, Norma y José que, aunque ya no estén presentes no disminuye el sentimiento de agradecimiento eterno.

Gracias infinitas a todos.

Javier Alejandro Benítez.

Índice

Índice de tablas	5
Índice de figuras	6
Abreviaturas.....	7
I. Introducción	8
II. Objetivos	9
III. Justificación.....	9
IV. Marco teórico	10
IV.1 Evolución del pie en la historia de la humanidad.	10
IV.2 Pie plano adquirido	12
IV.3 Factores extrínsecos e intrínsecos del PPA	13
IV.4 Anatomía relacionada al ALM	15
IV.4.1 Huesos relacionados al ALM.....	15
IV.4.2 Ligamentos relacionados al ALM	15
IV.4.3 Fascia plantar.....	16
IV.4.4 Músculos intrínsecos y extrínsecos relacionados con el ALM.....	17
IV.4.5 Mecanismo de windlass (MW) o mecanismo del molinete:	19
IV.4.6 El sistema central del pie (foot core system).....	23
IV.4.7 Estudio con un modelo computacional de los ligamentos relacionados al pie plano adquirido.....	24
IV.5 Epidemiología	25
IV.6 Sistemas de clasificación del pie plano adquirido.....	25
IV.6.1 Clasificación de Johnson y Strom (1989).....	26
IV.6.2 Clasificación triple.....	27
IV.7 Fisiopatología.....	28
IV.7.1 Debilidad o disfunción de los músculos extrínsecos e intrínsecos.....	28
IV.8 Diagnóstico del pie plano adquirido	32
IV.8.1 Evaluación de la caída del escafoides (ND por sus siglas en inglés)	32
IV.8.2 Índice de postura del pie (FPI por sus siglas en inglés)	32
IV.8.3 Baropodometría electrónica.....	33
IV.9 Tratamiento kinésico conservador para el PPA	43
IV.10 Afecciones conocidas relacionados al PPA	44
V. Estrategia metodológica	47

VII. Resultados	53
VII.1 Tratamiento del PPA con Baños Farádicos (BF) combinados con ejercicios de la musculatura intrínseca del pie (SFE)	53
VII.2 Tratamiento especializado de tejido blando (ASTYM).....	55
VII.3 Ejercicios excéntricos.....	57
VII.4 Ejercicios de los músculos intrínsecos o también llamados para pie corto (SFE por sus siglas en inglés)	57
VII.5 Diferencia entre tratamientos conservadores ortopédicos y de rehabilitación..	60
VII.6 Tratamiento integral de los miembros inferiores para aliviar los síntomas del PPA.....	60
VIII. Discusión	63
IX. Conclusión.....	65
X. Referencias bibliográficas:.....	67

Índice de tablas

Tabla 1	38
Tabla 2	47
Tabla 3	49
Tabla 4	50

Índice de figuras

Figura 1.....	20
Figura 2.....	27
Figura 3.....	34
Figura 4.....	36
Figura 5.....	41
Figura 6.....	55
Figura 7.....	56

Abreviaturas

PPA: pie plano adquirido

FP: fascia plantar

TP: músculo tibial posterior

TA: músculo tibial anterior

AVD: actividades de la vida diaria

MW: mecanismo de Windlass

ALM: arco longitudinal medial

LCM: ligamento colateral medial

LS: ligamento spring

MTF: articulaciones metatarso falángicas

ND: *navicular drop* – caída del hueso navicular

FPI: índice de postura del pie

CoF/CoP: *center of force/center of pressure* – centro de presión

CPEI: *center of pressure excursion index* – índice de excursión del centro de presión

MIP: músculos intrínsecos plantares

MEP: músculos extrínsecos del pie

MMII: miembros inferiores

I. Introducción

El pie plano flexible o pie plano adquirido se define como el colapso del arco longitudinal del pie debido a una debilidad muscular y la disfunción de los ligamentos que lo sostienen. Esta condición puede ser debilitante y, si progresa no sólo afecta al pie, sino que también al tobillo, rodilla y cadera, desarrollando patologías asociadas. Su prevalencia en adultos es aproximadamente del 15 % y puede presentarse de manera sintomática, dolorosa o asintomática.

Esta entidad se diagnostica generalmente después de los primeros diez años de vida, cuando el pie plano fisiológico deja de ser una característica normal del desarrollo infantil.

En el tratamiento tradicional frecuentemente incluye el uso de plantillas ortopédicas. Sin embargo, el enfoque kinésico conservador suele estar subestimado, a pesar de su potencial para mejorar esta condición. Este trabajo de investigación, basado en una revisión bibliográfica, tiene como objetivo identificar las estrategias más efectivas dentro del tratamiento conservador del pie plano adquirido.

El diagnóstico inicial se basa en la observación clínica, complementada con estudios que ofrecen datos relevantes para la planificación individualizada del tratamiento kinésico, teniendo en cuenta factores como la edad, el sexo, la raza y otras condiciones externas.

La literatura señala tratamientos que se centran tanto en la musculatura extrínseca como intrínseca. En este trabajo, proponemos abordar el pie como un sistema complejo que involucra los músculos intrínsecos y extrínsecos, así como el sistema fascial y sus mecanismos pasivos. Por lo tanto, un tratamiento kinésico conservador efectivo debe considerar estos aspectos para ser integral, completo y eficiente.

Cómo kinesiólogos, es fundamental planificar un tratamiento que sea suficiente para el alivio sintomático y a la vez evitar que la condición de pie plano adquirido progrese a un estado más grave.

II. Objetivos

Objetivo general:

✓ Analizar la efectividad de distintos abordajes kinésicos en relación a la terapéutica y a la prevención del pie plano adquirido sintomático.

Objetivos específicos:

1. Analizar la literatura sobre abordajes kinésicos terapéuticos y preventivos para la patología.
2. Describir los abordajes kinésicos y su efectividad en la disminución de síntomas del pie plano adquirido sintomático.
3. Resaltar la importancia de la intervención kinésica oportuna y su acción preventiva.
4. Mencionar las afecciones vinculadas al pie plano adquirido.

III. Justificación

El pie plano adquirido es una patología caracterizada por un arco medial del pie extremadamente flexible, que usualmente involucra una hipermovilidad de la articulación subastragalina. Esta condición puede manifestarse en la niñez y perdurar hasta la adultez si no se implementa un tratamiento adecuado. La literatura actual describe al pie plano adquirido, o pie plano flexible como el aplanamiento del arco que ocurre cuando se descarga peso sobre el pie, que a su vez puede causar dolor y limitaciones funcionales.

A la fecha, no existe una estrategia óptima y estandarizada para el tratamiento del pie plano adquirido, tampoco existe consenso en el uso de plantillas ortopédicas. Esta falta de acuerdo en el abordaje terapéutico genera incertidumbre y preocupación en los padres, quienes buscan asesoramiento pediátrico por temor a que esta condición pueda derivar en deformidades y dolor en el futuro. (1)

Ante esta situación, surge la necesidad de proponer abordajes que, desde el campo de la kinesiología, contribuyan a reducir o aliviar los síntomas asociados al pie plano adquirido y, a la vez, prevenir su progresión. Además, estos enfoques

buscarán disminuir el riesgo de afecciones que puedan resultar de la desalineación articular característica del pie plano adquirido, favoreciendo así una intervención oportuna y efectiva.

IV. Marco teórico

IV.1 Evolución del pie en la historia de la humanidad.

Si observamos la evolución humana muchas características resaltan desde nuestro pasado cuadrúpedo a la bipedestación. Entre estas adaptaciones evolutivas notaremos que los miembros inferiores, en especial el pie, se encuentran entre las características más distintivas de nuestra anatomía. El pie, en particular, exhibe una gran variabilidad anatómica. En el cual podemos distinguir tres arcos plantares, el arco longitudinal medial, el arco longitudinal lateral y el arco transversal. Entre ellos el arco longitudinal medial presenta sustancialmente el aspecto más dinámicamente variable. (2, 3, 4)

La transformación del pie de nuestros antecesores al pie del ser humano refleja un cambio en los hábitos locomotores como la bipedestación terrestre. Si bien la bipedestación no es exclusiva del *homo erectus* porque se sabe que el *australopithecus* podía mantener una bipedestación habitual, este no poseía las transformaciones del actual pie humano. Estas transformaciones constituyen una serie de adaptaciones que permite al pie humano operar como un sistema compacto y de palancas durante los distintos apoyos del pie en el transcurso de la marcha.

Estas adaptaciones se presentan como un hallux aducido permanentemente, dedos más cortos, realineación y compactación de los huesos del tarso y el agregado del arco longitudinal medial sostenido por fuertes elementos que generan distintas tensiones plantares. (5)

Se cree que tres de estas adaptaciones son clave para la marcha bípeda y la resistencia en la carrera son el dedo hallux en aducción, el ALM, y una fascia plantar relativamente robusta. (6)

El diseño músculo esquelético del pie está adaptado para cumplir con las demandas de resistencia para correr. Durante la carrera la pierna presenta unos elementos de

resorte como son el pronunciado tendón de Aquiles, la aponeurosis plantar y el ligamento de spring. En el momento de apoyo intermedio, el ALM se aplana y amortigua el impacto a la vez que almacena energía en el estiramiento de estos tejidos. (5)

Podemos decir que el arco longitudinal medial del pie es una estructura compleja que, por su elasticidad, ofrece una gran absorción del impacto producido en la marcha, a la vez que mantiene la estabilidad a través sus estructuras pasivas, ligamentos, articulaciones y fascias y de los músculos involucrados. (7)

Las estructuras pasivas funcionan como un subsistema que incluye a los huesos, a los ligamentos, cápsulas articulares que mantienen a los arcos del pie. Se ha propuesto que estos arcos funcionan como una media cúpula que se adapta flexiblemente a los cambios de las cargas durante las distintas actividades. (5)

Las estructuras activas formarían otro subsistema que consiste en los músculos que se insertan en el pie. Podemos dividirnos en intrínsecos y extrínsecos. Los extrínsecos se encargan de la movilidad general, nacen en la pierna y se insertan en el pie. Mientras que los intrínsecos, plantares y dorsales, que nacen y se insertan en el mismo pie, tienen su función de mantener al arco longitudinal y al transversal de esta media cúpula. (5)

También podemos hablar de un subsistema neuronal. Este está compuesto de receptores sensoriales que están tanto en el subsistema pasivo como en el activo, fascia plantar, ligamentos, cápsula articular, músculos y tendones. Estos receptores brindan información fundamental para el balance y equilibrio durante la bipedestación. (5)

Todos los niños con un desarrollo embrionario típico nacen con un pie que comienza como un pie plano flexible, mientras que el arco longitudinal medial se

desarrolla a lo largo de la primera década de vida. Este aplanamiento disminuye con la edad, pero aún no se ha establecido con precisión el grado de aplanamiento considerado normal para cada edad. Existe coincidencia en varios estudios en que hay un decrecimiento de la caída del arco del pie en el rango de los 4 años hasta los 10. En un estudio hecho sobre 835 niños se ha observado que esta caída del arco se redujo del 54 % a la edad de 3 años a 24 % a la edad de 6 años. (2)

La literatura distingue tres tipos de pie: plano o pronó, cavo o supino, y recto o normal. El pie plano como aquel que tiene el arco disminuido en su altura y el retropié en valgo o el antepié en varo, el cavo como aquel que tiene un arco alto en exceso y el retropié en varo o el antepié en valgo, y el recto como aquel que tiene una buena alineación entre el antepié y el retropié. (8)

IV.2 Pie plano adquirido

En algunos casos la aparición del pie plano en la infancia puede ser demasiado discreta y escapar al ojo de los adultos, llevando a que el pie plano evolucione sin haber hecho tratamientos kinésicos conservadores. Por lo tanto, aseguramos que crear conciencia en la población es de gran importancia.

El pie plano implica una problemática musculoesquelética relacionada con disfunciones tanto activas como pasivas de las estructuras que componen la curvatura normal del pie. (9)

El PPA (pie plano adquirido) se ha considerado más que un trastorno, una desviación fisiológica que se caracteriza por una excesiva flexibilidad, que suele involucrar hipermovilidad en la articulación subastragalina, manifestándose comúnmente durante la infancia y pudiendo persistir en la adultez luego de que haya finalizado el crecimiento óseo. En este trastorno se distinguen los siguientes rasgos, una rotación medial, flexión plantar del talus, eversión del calcáneo, colapso del arco longitudinal medial y abducción del antepié. (7, 10)

El PPA sintomático se manifiesta cuando el individuo experimenta dolor en uno o ambos pies al soportar peso, caminar o usar calzado inadecuado. Este tipo de pie está asociado a diversas causas, que van desde afecciones traumáticas hasta problemas en la salud sistémica. Estos factores provocan cambios estructurales en

el ALM al soportar cargas, lo que resulta en un colapso del mediopié y en una constricción a lo largo del retropié y del arco longitudinal externo. Asimismo, se ha reportado que existe un rendimiento físico inferior. (7)

Puede presentarse como un hallazgo incidental o por sus síntomas, que varían desde restricciones menores en el movimiento hasta discapacidades severas con dolores que interfieren significativamente en las actividades de la vida diaria (AVD).

El PPA también puede aparecer como un secundarismo y resultar de diversas etiologías. Entre estas se incluyen deformidades óseas postraumática, trastornos del crecimiento, afecciones reumatoideas, pie diabético o pie de Charcot o causas neurológicas. Las etiologías traumáticas son las más frecuentes, y ocurren principalmente por el descuido, durante el tratamiento kinésico conservador, del estado de los ligamentos del pie, lesiones de Lisfranc o consolidación defectuosa en fracturas del astrágalo o calcáneo.

En casos de entorsis de tobillo, pueden lesionarse estructuras como la articulación talo-calcáneo-navicular, el ligamento deltoideo y, la fascia plantar en el mediopié. Estas estructuras pueden presentar lesiones degenerativas cuando existen traumas de larga data, frecuentemente descuidadas en su manejo. (11)

IV.3 Factores extrínsecos e intrínsecos del PPA

Podemos hablar de factores extrínsecos e intrínsecos. Como factores extrínsecos entendemos a aquellos que de forma externa al pie pueden causar un PPA. Entre ellos podemos mencionar historia familiar, calzado, obesidad, forma del pie, lesiones traumáticas, género, pie equino. Y como factores intrínsecos a aquellos que tienen relación con el estado anatomopatológico del pie que pueden predisponer a la debilidad y a la degeneración del tendón del tibial posterior, de los que podemos

mencionar hipertensión, diabetes mellitus, o sea, el pie diabético y el uso de esteroides. (12)

En la literatura no se ha encontrado relación entre el somatotipo y el pie plano flexible. (13)

Se ha sugerido en algunos estudios que el pie plano puede estar asociado a fascitis plantar, hallux abductus valgus, condromalacia rotuliana y síndrome patelofemoral.
(14)

Como dato relevante daremos algunos detalles de la incidencia de esta entidad en la población y su etiología.

IV.4 Anatomía relacionada al ALM

A continuación, se describirán en detalle los componentes óseos, ligamentarios y musculares que están directamente relacionados con la conformación del ALM.

IV.4.1 Huesos relacionados al ALM

Los elementos óseos que componen el arco longitudinal medial o interno se diferencian en aquellos que componen el retropié, el astrágalo y el calcáneo, y el antepié, escafoides o navicular, cuboides, cuñas y el primer metatarsiano.

IV.4.2 Ligamentos relacionados al ALM

Relacionando estos elementos óseos se encuentran los ligamentos, que como ya hemos visto tienen gran importancia en mantener la estructura del ALM, entre los que mencionaremos:

Ligamento plantar corto: también llamado calcaneocuboideo plantar. Ligamento muy resistente que se origina en la cara inferior del calcáneo y se fija en la prominencia del cuboides. Este se encuentra estrechamente relacionado con el ligamento plantar largo. (15)

Ligamento plantar largo: este ligamento se constituye de dos fascículos casi paralelos. Se extiende desde la superficie plantar del calcáneo hasta la base de los metatarsianos, del segundo al quinto y a veces desde el primero. Tiene mucha relevancia en mantener la estabilidad del pie y colaborar en el soporte del arco longitudinal medial. (15)

Biomecánicamente ayuda a distribuir las cargas durante la marcha proporcionando estabilidad y evitando el colapso del ALM.

Se relaciona con la fascia plantar que también colabora en el soporte del ALM. Ambos ligamentos, ligamento plantar largo y corto pueden aparecer en la literatura como un solo ligamento llamado ligamento calcaneocuboideo plantar. (16)

Ligamento calcáneo escafoideo: también llamado calcáneo navicular o complejo del ligamento spring (LS) en la literatura. Este ligamento es de gran importancia en el ALM, porque debido a sus inserciones, del calcáneo al escafoides, es el principal estabilizador y sostén estático de la estructura. Está formado generalmente por dos

fascículos, llamados superomedial y el inferior, pero también hay literatura que sostiene que existe un tercer fascículo, el medioplantar oblicuo. Tiene regiones donde se fusiona con el ligamento deltoideo y el astragalonavicular.

Existe en la literatura consenso en que si existiera una lesión en el ligamento calcáneo escafoideo se pondría en mayor tensión al tendón del tibial posterior generando, también, mayor tensión en el ligamento deltoideo comprometiendo así al ALM y favoreciendo a la aparición de PPA. (17, 18)

Ligamento colateral medial (LCM) o ligamento deltoideo: tiene una forma triangular. Arriba se inserta en el borde inferior del maléolo tibial, unas fibras posteriores descienden hacia el astrágalo. Otras fibras medias descienden y terminan en el *sustentaculum tali*. y las fibras anteriores se dirigen a la parte medial del cuello del astrágalo y cara superior del hueso navicular. (15)

Este ligamento se somete cierta tensión en el momento del apoyo del talón durante la marcha que puede aumentar si hay una desalineación entre el calcáneo y la tibia. Una distensión del ligamento LCM puede inducir a un talo valgo desviando la descarga del peso hacia el borde medial lo que produciría más estrés en las articulaciones mediales del pie. (11)

IV.4.3 Fascia plantar

Es una estructura fibrosa de la planta del pie de tejido conectivo. Esta se divide en superficial y profunda. La superficial plantar es gruesa y está separada en septos que contienen grasa, estos funcionan como amortiguadores en los impactos del pie. La fascia profunda plantar es gruesa también y forma la aponeurosis plantar, esta se extiende desde el calcáneo hacia las falanges.

Esta estructura tiene la función de separar y organizar los músculos de la planta del pie para optimizar su funcionamiento tanto estática como dinámicamente. (19, 20)

La fascia plantar también posee una gran cantidad de neuro receptores. Es bien sabido que estos receptores proveen información crítica para la marcha y el balance. Esto se hace en conjunto con la contribución de los receptores plantares cutáneos.

En un estudio biomecánico se ha señalado que la fascia plantar es la estructura que más contribuye a la estabilidad del ALM, seguida por la articulación talonavicular y los ligamentos de spring. (21)

IV.4.4 Músculos intrínsecos y extrínsecos relacionados con el ALM

Se dividen en músculos intrínsecos plantares y extrínsecos, siendo los intrínsecos aquellos que se originan e insertan en el pie, y los extrínsecos aquellos que se originan en la pierna, pasan por el tobillo y luego se insertan en el pie. Estos trabajan de manera dinámica y en conjunto para mantener la estabilidad y estructura del ALM.

Los músculos intrínsecos más importantes encargados de mantener la estabilidad dinámica del arco longitudinal medial son: el abductor del hallux, flexor corto del hallux y el cuadrado plantar. (10)

Músculos intrínsecos relacionados al ALM

Si bien los músculos intrínsecos del pie son el abductor del hallux, flexor corto de los dedos, abductor del dedo meñique, cuadrado plantar, lumbricales, flexor del dedo meñique, abductor del hallux oblicuo y transverso, flexor corto del hallux, interóseos plantares, interóseos dorsales y extensor corto de los dedos, nos enfocaremos en aquellos intrínsecos plantares que están directamente relacionados con el ALM. A saber:

Abductor del Hallux: este músculo se origina en el proceso de la tuberosidad del calcáneo, del retináculo de los músculos flexores del pie y de la aponeurosis plantar y se inserta en la base de la falange proximal del primer dedo. Su función es la de abducir y flexionar al hallux. Está inervado por el nervio plantar medial. (15)

Flexor corto del hallux: se origina en la zona medial de la superficie del hueso cuboides y se divide en dos vientres o fascículos que se insertan en los lados medial y lateral de la primera falange. Como función principal flexiona al hallux. Tiene

una doble inervación, el fascículo medial está inervado por el nervio plantar medial y el fascículo lateral por el nervio plantar lateral. (15)

Flexor corto de los dedos: se origina en la tuberosidad calcánea, se divide en cuatro tendones que se insertan en la base de la falange media del segundo, tercero, cuarto y quinto dedos. Está inervado por el nervio plantar medial. Su acción es la de flexionar los últimos cuatro dedos del pie. (15)

Cuadrado plantar: este músculo también aparece en la literatura como quadratus plantae. Se encuentra en la región plantar del pie y está involucrado en la estabilidad estática y dinámica de la bipedestación y de la marcha. Posee dos cabezas o fascículos musculares, medial y lateral. La cabeza medial se origina en la cara medial del calcáneo y la lateral en el proceso lateral de la tuberosidad calcánea, ambas insertan en el tendón del músculo flexor largo de los dedos. Está inervado por filetes de los nervios plantares medial y lateral, respectivamente. Su acción concurre a la flexión de los cuatro dedos. Como funciones tiene la de mantener el ALM, asistir a la flexión de los dedos y la pronación del pie. (15, 22)

Músculos extrínsecos relacionados con el ALM

Tibial anterior: músculo del compartimento anterior de la pierna medial y voluminoso que tiene sus inserciones superiores en la tuberosidad tibial, en el cóndilo lateral de la tibia, a lo largo de los dos tercios superiores de la cara lateral de la tibia y en parte de la membrana interósea. Su inserción inferior está en la cara medial del hueso cuneiforme y en la extremidad posterior del primer metatarsiano. Inervado por el nervio peroneo común y vascularizado por la arteria tibial anterior. (15)

Gastrocnemio: también llamado músculo gemelo, tiene dos cabezas, una lateral y una medial. La lateral se inserta en el cóndilo lateral y cápsula de la rodilla, la medial se inserta sobre el casquete condíleo medial. Ambas cabezas convergen formando un músculo único estrechándose hacia abajo uniéndose al tendón del sóleo formando el tendón calcáneo o de Aquiles que se fija en los dos tercios inferiores de la cara posterior del calcáneo. Inervado por el nervio tibial y

vascularizado por dos arterias gastrocnemicas destinadas a cada una de las cabezas del gastrocnemio originadas en la arteria poplítea. (15)

Tibial posterior: músculo posterior de la pierna que se origina en la cara posterior de la tibia, en la porción de la cara medial del peroné y en los dos tercios superiores de la membrana interósea de la pierna. Extiende un tendón que pasa por el canal retromaleolar medial. Su inserción inferior está en la tuberosidad del hueso navicular. Vascularizado por los vasos tibiales e inervado por el nervio tibial. (15)

La entidad pie plano adquirido se manifiesta cuando alguna de las estructuras que hemos mencionado sufre una disfunción que altere la función del ALM, lo que impacta negativamente en la bipedestación y la marcha.

La literatura describe un mecanismo íntimamente relacionado a la biomecánica de la fascia plantar que se denomina “mecanismo de windlass”.

IV.4.5 Mecanismo de windlass (MW) o mecanismo del molinete:

El mecanismo de windlass se define como el efecto que ocurre tras la extensión de la primera articulación metatarsofalángica. Es considerado como una característica única en el ser humano, Este fenómeno implica una flexión plantar del primer radio y una elevación del ALM debido a la tensión generada en la fascia plantar. En consecuencia, se produce una supinación de la articulación subastragalina y una rotación externa de la pierna, en principio, sin la participación de ninguna acción muscular. Este proceso tiene lugar durante la fase de propulsión de la marcha.

La literatura describe el mecanismo de windlass como una adaptación funcional a las demandas de la locomoción en bipedestación. Comparado con nuestros parientes homínidos más cercanos, los humanos presentan una mayor dorsiflexión de los dedos lo que le atribuye un mayor rango de movimiento. Desde un punto de vista biomecánico, este rango aumentado permite que el pie funcione de manera más eficaz y eficiente como una palanca, a través del mecanismo de windlass.

La dorsiflexión de los dedos incrementa la tensión de la fascia plantar, acercando los metatarsos al calcáneo y elevando el ALM. Estudios experimentales han demostrado que, durante la sedestación, la elevación de los dedos provoca una considerable variabilidad en la elevación del ALM. Sin embargo, durante la

bipedestación, una mayor carga de compresión sobre el ALM reduce la dorsiflexión de los dedos.

El funcionamiento de este mecanismo puede observarse mediante el test de Jack, que consiste en realizar una dorsiflexión del hallux. El test será positivo si el ALM no se eleva debido a la tensión de la fascia plantar, lo que indica que el mecanismo de windlass no está funcionando correctamente. (21)

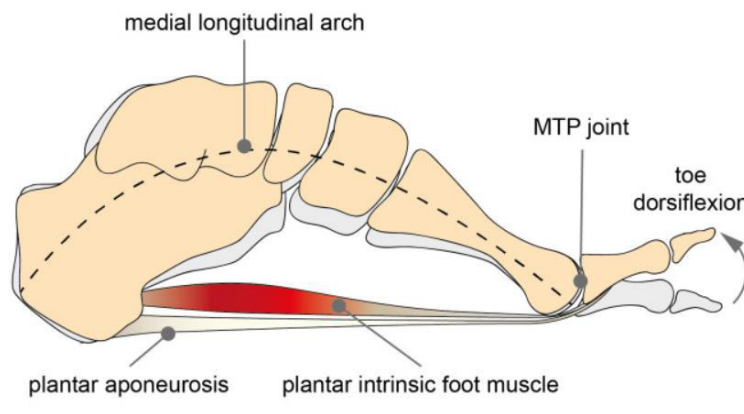


Figura 1. La dorsiflexión de los dedos crea una tensión en la fascia plantar que tiende a acercar las articulaciones MTF hacia el calcáneo. Sichtung F, Ebrecht F. The rise of the longitudinal arch when sitting, standing, and walking: Contributions of the windlass mechanism. PLoS One. 2021. 8;16(4)

Aunque el modelo original del MW ha sido confirmado en investigaciones con cargas estáticas, surge un desafío en relacionar la deformación dinámica del arco y la dorsiflexión de las articulaciones MTF durante la marcha. Se entiende que el MW tiene un comportamiento distinto en la sedestación, o estático, que en durante la marcha o carrera o dinámico. (23)

Desde la dinámica de la marcha o la carrera, el MW describe un modelo mecánico en el que la fascia plantar tiene un papel crítico al proporcionar un soporte activo al pie durante la descarga de peso. Cumple un rol importante en mantener la altura y forma del ALM ya que provee un soporte pasivo que va desde el calcáneo hasta los dedos, soportando ambos lados del pie y de la planta. (21)

El mecanismo fue descrito por primera vez en 1954 por J. H. Hicks, quien lo presentó como un sistema ideal en el que la dorsiflexión de los dedos tensa la fascia

plantar, lo que genera tracción de los metatarsos hacia el calcáneo, elevando así al ALM. De este modo el pie se endurecería para contrarrestar la compresión resultante de la descarga de peso. En este modelo se asumía que la fascia plantar mantenía una longitud constante y sin la participación de ninguna acción muscular. (23)

Un estudio con ejemplares cadavéricos sostiene que la FP tiene una función clara en sostener el ALM. Incluso seccionando el primer haz que inserta en el hallux se mantuvo el arco, lo que indica que los otros haces también colaboran en esta función. Además, se ha observado que músculo flexor corto de los dedos está estrechamente ligado a la fascia plantar, lo que sugiere que este músculo puede contribuir a mantener al ALM cuando la FP se encuentra en tensión debido a la extensión de los dedos. (24)

Este mecanismo es esencial en la bipedestación y en la fase final de la marcha. Inicialmente se creía que transformaba al pie en una palanca rígida que contribuye a la propulsión. (25)

Sin embargo, investigaciones más recientes han aportado nueva evidencia que sugiere que la fascia plantar se acorta y se estira durante la marcha, lo que permite una acumulación y liberación de energía. Se ha encontrado evidencia de que la activación del WM aumentaría la distensibilidad del ALM en lugar de transformarlo en un complejo de palanca rígida. (6)

Se considera que el MW genera una deformación en la FP que requiere una descripción más detallada de la presentada por Hicks.

Un estudio detalla tres momentos diferentes del MW durante la marcha a los que llama windlass inverso, windlass aumentado y windlass inhibido. (6)

Durante la fase inicial de la fase de apoyo la FP se acorta o se mantiene casi isométrica antes de empezar a alargarse hacia la mitad de la fase de apoyo. En esta fase o periodo se produce una rápida abducción y dorsiflexión del arco durante este periodo. La FP casi isométrica durante la flexión de las articulaciones MTF con un aplanamiento del ALM es coherente con un mecanismo de windlass inverso.

En el transcurso de la mitad de la fase de apoyo, la FP, presenta un alargamiento mínimo mientras las articulaciones MTF sufren poco cambio y los dedos siguen en contacto con la superficie. La dorsiflexión del arco y abducción continúan, pero en mucho menor medida que en el momento anterior. Este momento se describe como el MW inhibido.

Al final de la fase de apoyo, de propulsión, la FP va a pasar de estar en contracción casi isométrica a un estado de acortamiento. Se produce una dorsiflexión de los dedos luego de la elevación del talón. Este acortamiento va a ir aumentando para el final de la fase en la medida en que continúa la dorsiflexión de los dedos. La velocidad de movimiento del arco es alta en este momento llevándolo a la flexión plantar y a la aducción. Este momento se describe como el de MW adelantado.

A la vez, se postula que el aplanamiento del ALM se vería frenado por los tejidos proximales a la FP, encargados de absorber y devolver energía de tensión. Se sugiere que los ligamentos plantares, incluido el ligamento Spring, soportan una mayor parte de la carga durante la fase inicial en el arco.

La FP tendría un comportamiento dinámico durante la marcha o carrera. Pero se ha observado que en la fase de windlass adelantado, donde la FP se mantiene casi isométrica, el arco se eleva con la dorsiflexión de la articulación MTF sugiriendo que el MW como describió originalmente Hicks, generalmente está presente durante la marcha de carrera. (6)

Esta información sugiere que el mecanismo de windlass adelantado y la FP contribuyen a la estabilidad del pie durante la marcha. Además, indica que al final de la fase de apoyo el arco presenta una gran movilidad, lo cual entra en conflicto con la descripción del pie como una palanca rígida. (26)

Por lo tanto, el MW no endurece el pie como una palanca rígida y el arco resulta ser más flexible en la finalización de la fase de apoyo. (26, 27)

El ALM funcionaría como una palanca dinámica que proporciona un apoyo estable para el impulso, con un brazo de palanca que cambia constantemente (6).

En la literatura consultada se sugiere que existe un delicado equilibrio entre la musculatura extrínseca y la intrínseca del pie, que mantiene la tensión en la FP, permitiéndole actuar durante la fase tardía de apoyo. (6)

En este trabajo de investigación, consideramos que el MW es de gran relevancia debido a su participación directa en el ALM y, por ende, en la condición de PPA. El conocimiento de este mecanismo y su relación con los grupos musculares intrínsecos y extrínsecos del pie es fundamental para la adecuada planificación del tratamiento kinésico conservador.

IV.4.6 El sistema central del pie (foot core system)

Existe un concepto de estabilidad central del arco del pie, propuesto como un paradigma similar a la estabilidad central de la zona media del cuerpo (también llamada *core*). Sostiene que los músculos intrínsecos del pie tienen pequeños momentos de palanca que sirven para estabilizar los arcos. Esto funcionaría como un sistema, sistema central del pie (foot core system), compuesto por los tres subsistemas explicados previamente, subsistema neuronal, subsistema pasivo y subsistema activo. En el subsistema activo los músculos controlan el grado y la velocidad de deformación de los arcos en cada paso de la marcha. Se entiende que si existiera un mal funcionamiento de los mismos se generaría inestabilidad y desalineación de los componentes óseos del pie.

Sostiene que la importancia de los músculos intrínsecos del pie está mal reconocida dado que, en artículos recientes relacionados a lesiones de la pierna y el pie, como disfunción del tibial posterior, fascitis plantar o dolor crónico de la pierna, no mencionan el fortalecimiento de este grupo de músculos en sus abordajes. (5)

Para comenzar a hablar sobre el tema que provoca a este trabajo de investigación, sentaremos las bases en lo que se refiere a la anatomía del pie, específicamente al ALM y su miología, osteología. Luego analizaremos las condiciones para que exista un PPA en relación a las disfunciones que estas estructuras puedan presentar.

IV.4.7 Estudio con un modelo computacional de los ligamentos relacionados al pie plano adquirido.

En este estudio se ha creado un modelo de pie plano en donde se analizaron por separado los resultados de que fallen estos ligamentos que se mencionan más arriba, llegando a la conclusión de que si solo existiera la falla o ruptura de un ligamento aislado no habría un colapso del ALM, pero sí una mayor tensión en los ligamentos restantes.

Para que exista un colapso del ALM algunos de estos ligamentos, combinados, deberían perder su capacidad de contener a las articulaciones del pie. A la vez sostiene que la reconstrucción del ligamento spring, ligamento deltoideo y de la fascia plantar restaurarían al ALM colapsado. (28)

Siguiendo con el detalle de las estructuras relacionadas al ALM veremos en detalle la miología involucrada.

IV.5 Epidemiología

Según la literatura consultada el noventa por ciento de los niños menores de 2 años presenta una variación anatómica del pie que se asemeja al pie plano debido a la formación del colchón adiposo localizado en la región medial del pie. En la mayoría de los niños el arco se empieza a formar entre los tres y los cinco años y solamente persiste en el 4 % luego de los 10 años.

En el caso de los adultos se observa en una población del 23%, sin embargo, en estos casos suele aparecer acompañado de otros factores como disfunción del tríceps sural, hiperflexibilidad de la articulación del tobillo. (21)

En una publicación hecha en el portal The Open Orthopaedics Journal en 2017 en donde se ha estudiado la disfunción del TP se reporta una prevalencia del PPA de entre el 7 y el 15 %. Mientras que se calcula que aproximadamente 1 de cada 100 personas padecería de un pie plano adquirido sintomático. Estas estadísticas son de difícil interpretación debido al amplio criterio de diagnóstico. (29)

Los estudios actuales exponen datos regionales como el realizado en la comunidad mexicana. En el cual se analizaron los pies de 959 niños, con un promedio de edad de 9 años, dando como resultado que aproximadamente el 8% tenía pie plano, pero sin encontrar evidencia de que el peso corporal influyera en este porcentaje. (30)

En otro estudio realizado en España en la región de Cambre, sobre una población de 835 personas en un rango etario de 40 años y más, reveló que la prevalencia del pie plano fue de 26.62 %. En donde se ha asociado al pie plano con la edad, el índice de masa corporal, el tamaño del pie y comorbilidades. A mayor edad, masa corporal (IMC), tamaño en largo del pie y comorbilidades como diabetes, el número de personas con PPA fue mayor. (31)

IV.6 Sistemas de clasificación del pie plano adquirido

Existen diferentes clasificaciones que permiten establecer el estado de la patología, aunque todas tienen ventajas y desventajas.

Estas clasificaciones tienen en cuenta la falla ligamentaria y/o laxitud, inestabilidad, la existencia de un pinzamiento doloroso y la morfología del pie.

IV.6.1 Clasificación de Johnson y Strom (1989)

Johnson y Strom produjeron una clasificación que tomó como sinónimo el pie plano adquirido del adulto con la disfunción del tendón del tibial posterior y lo clasificaron en 3 etapas de deformación.

En la etapa I los pacientes refieren dolor en la región medial del tobillo que se exagera con las actividades. Presenta inflamación y dolor en el recorrido del tendón del tibial posterior. Leve debilidad durante la elevación del talón. Durante este estadio no se presenta el signo de “demasiados dedos” ni deformidad. Por lo que suele ser tratado con tratamiento kinésico conservador.

En la etapa II el dolor es mayor y también la sensibilidad a lo largo del tendón del tibial posterior, así como también la inflamación. El tendón se presenta estirado por lo que resulta en la deformación característica del pie plano. Existe degeneración del tejido. La elevación del talón presenta una marcada debilidad, la deformación y la desalineación es visible. Se observa el signo de “demasiados dedos”. Radiológicamente se observa una abducción del antepié en relación al retropié y subluxación talonavicular.

La etapa III se presenta con dolor severo en el seno del tarso además de estar presente en el arco medial. Existe un estiramiento severo y disruptivo del tendón. En la observación se presenta con menor inflamación, pero con mayor deformidad que en la etapa II. El tendón se encuentra alterado y con desgarros visibles en el examen patológico. La elevación del talón es dolorosa con una marcada debilidad del tendón. Se observa el signo de “demasiados dedos”, eversión del retropié y abducción del antepié con el agregado de cambios artríticos degenerativos en la articulación talonavicular, subastragalina y calcaneocuboidea.

El estiramiento del tendón del tibial posterior resultaría en la deformación característica del pie plano. El problema con esta clasificación es que no toma en cuenta otras causas como por ejemplo que en el estadio 1 no hubiera inestabilidad articular y que el tendón del tibial posterior se inflamara espontáneamente. No considera inestabilidades como la de la articulación subastragalina, de la columna lateral y la columna medial.

Luego se desarrollaron otras clasificaciones, por ejemplo y solo para mencionarlas, la clasificación de Myerson, Weinrub y Heilala, Bluman, Parsons, clasificación RAM, Pasapula y Myerson 2020, pero al estar basadas en la primera clasificación de Johnson y Strom también repitieron sus errores.

Según la literatura, Johnson y Strom mencionan una posible etapa IV en la que la deformidad de valgo fija del retropié produce una inclinación lateral del astrágalo en la mortaja tibioperonea para la cual sugiere un tratamiento quirúrgico. Myerson incluye esta etapa IV describiendo una deformidad en valgo asociada a una disfunción del ligamento deltoideo.

Aun así, la clasificación de Johnson y Strom es la más ampliamente usada. (32)

IV.6.2 Clasificación triple

Esta clasificación toma los tres tipos de pie, a saber, recto o normal, plano y cavo, basado en la laxitud de sus ligamentos. También tiene en cuenta la inestabilidad relacionada a cada estado para lo que se asignan valores llamados “estados de TC” que van desde 0 a 4. Y por último la deformación del pie a la que se le asignan, de acuerdo a sus características desde la letra U, en la que no se identifican deformidades, pasando por la A, B, C, y D correspondientes a distintas regiones del pie. (33)

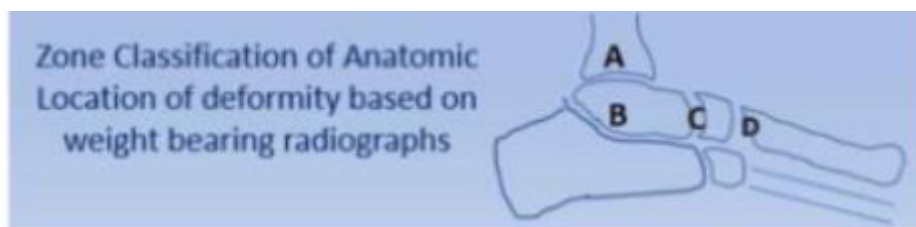


Figura 2. Clasificación por zonas basada en la localización anatómica de la deformidad. Pasapula et al. Review of Classification Systems for Adult Acquired Flatfoot Deformity/Progressive Collapsing Foot Deformity and the Novel Development of the Triple Classification Delinking Instability/Deformity/Reactivity and Foot Type. J Clin Med. 2024. 6; 13(4):942.

A pesar de estas clasificaciones no existe hoy en día un Gold Standard para la clasificación de esta entidad, ya que no existe consenso para la determinación del momento exacto a partir del cual el pie adquiere la forma de PPA. (29)

La clasificación más ampliamente usada por los profesionales de la salud es la de Jonhson & Strom, no referiremos a los estados del PPA en relación con esta clasificación.

IV.7 Fisiopatología

Como ya se ha mencionado en este trabajo, para que se presente la condición de pie plano adquirido deben ocurrir fallas o disfunciones en determinadas estructuras. Nos centraremos en las relacionadas a la miología, específicamente en la debilidad o disfunción de los músculos extrínsecos e intrínsecos.

IV.7.1 Debilidad o disfunción de los músculos extrínsecos e intrínsecos.

La disminución de la actividad física en la sociedad actual ha llevado a un aumento de la tensión de los músculos largos de los miembros inferiores, especialmente en aquellos biarticulares, como los isquiotibiales y los gastrocnemios. Este fenómeno se observa desde la infancia. Si bien el acortamiento en sí de estos músculos no constituye un problema en sí mismo, sus consecuencias sí lo son.

La excesiva tensión de los gastrocnemios limita el grado de dorsiflexión, lo que provoca que, durante la marcha, la articulación talonavicular tienda a ser vencida y comience a ceder debido a la carga soportada y al acortamiento de los gastrocnemios. Eso se manifiesta con una pérdida temprana del ALM. El acortamiento de los gastrocnemios es un factor fundamental en el desarrollo del talo valgo, ya que eleva el talón aumentando la tensión en el ligamento calcaneonavicular (Spring), lo que contribuye a generar un medio pie con laxitud. Cabe destacar que, en esta etapa, generalmente no se presenta dolor, lo que hace difícil su reconocimiento.

A medida que aumenta la desalineación de la articulación talonavicular, el peso del cuerpo se distribuye a un área relativamente menor. La literatura coincide en que el dolor suele aparecer entre las etapas II y III. (33,34)

Por otro lado, el musculo tibial (TP) posterior es de la mayor importancia en lo que se refiere al estado del arco del pie y su disfunción se ha usado como parámetro para las primeras clasificaciones del pie plano (Johnson y Strom). Es un poderoso flexor plantar y participa de la inversión del retropié.

Su función es de flexor del tobillo, pero también actúa como aductor y supinador del pie. Trabaja como un soporte dinámico del ALM. Tiene una amplia inserción en la cara medial del mediopié. Estos ligamentos también contribuyen, de manera pasiva, a la estabilidad del ALM.

El TP y los músculos intrínsecos del pie, sumado a los componentes pasivos, proveen un mantenimiento dinámico del ALM por lo que está comúnmente relacionado con el pie plano del adulto.

La disfunción del TP se manifiesta tempranamente con dolor e inflamación a lo largo del aspecto medial del pie y por detrás del maléolo interno. (32)

Algunos autores coinciden en que la disfunción del tibial posterior tiene una explicación vascular, se encuentra irrigado por la arteria del tibial posterior, rama de la arteria poplítea. Se sabe que su vascularización es buena en la unión miotendinosa y en la unión tendón hueso, pero la porción entre estas dos zonas esta hipovascularizada por lo tanto sujeta a mayores posibilidades de generar tendinopatías. Esta zona sería comprendida desde el adosamiento del tendón en el escafoides y luego en la curva que hace por debajo del maléolo interno en su recorrido hacia la pierna. (35)

Esta disfunción también se clasifica en cuatro estadios, desde el estadio 1 que implica dolor e inflamación, hasta un estadio 4 que involucra degeneración de la articulación tibio tarsiana, artrosis y rigidez. (29)

La etiología de la disfunción del tendón del tibial posterior es más comúnmente atribuida a un micro traumatismo repetido.

Tibial anterior: en el pie plano adquirido y a la vez está instalado un talo valgo, la función del tibial anterior (TA) se altera de manera que una mayor tensión de este músculo evita que el ante pie, que se encuentra abducido, vuelva a su eje longitudinal normal. Esto se debe a que, si observamos la articulación del tobillo, el TA visto desde un plano transversal cumple una función de rotador externo del pie. (33)

Los músculos intrínsecos del pie actúan como un sistema que mantiene los arcos del pie de forma dinámica. Si su funcionamiento es deficiente, esto podría alterar la biomecánica del pie. La debilidad de estos músculos puede deberse a muchas causas, como la diabetes mellitus, lesiones neurológicas, traumatismos que afectan al pie o una debilidad adquirida por una actividad física inadecuada, especialmente durante las etapas formativas del aparato locomotor.

En resumen, una debilidad en este grupo de músculos, tanto intrínsecos como extrínsecos, podría significar la caída del ALM. En el caso de que los músculos intrínsecos del pie se encuentren en déficit se requiere de un esfuerzo mayor de los músculos extrínsecos del pie para mantener una estabilidad que se ha perdido. Ese sobreuso de la musculatura extrínseca tendría relación con un déficit del tibial posterior y hasta dolor en miembros inferiores.

Ante la presencia de debilidad en los músculos extrínsecos del pie, se vería afectado el ALM debido a que, por el lado del tríceps sural, la palanca que hace sobre el calcáneo se vería limitada y por el lado de los pretibiales se vería debilitada la tensión que ejercen sobre el hueso navicular. Lo que obligaría a que las estructuras del pie se vean sostenidas por los elementos pasivos y por los músculos intrínsecos del pie, que eventualmente también llegarían a un sobreuso y luego un déficit.

Estos músculos extrínsecos e intrínsecos con sobreuso, sobrecargados, por estar sujetos a un mayor esfuerzo generarían un círculo vicioso que redundaría en una situación más compleja para el ALM.

Entre los componentes pasivos que afectaría una disfunción de estos grupos de músculos están la fascia plantar y los ligamentos del pie. Estos elementos son los que ya hemos visto fundamentales en el mecanismo de Windlass, por lo tanto,

podrían afectar a su funcionamiento. Estiramiento de la FP, micro traumatismo que podría significar una fascitis plantar, resultando en un colapso multifactorial del ALM y afectando el uso de estos elementos pasivos en su función de aprovechar la energía elástica durante la fase final de la fase de apoyo en la propulsión para la marcha.

IV.8 Diagnóstico del pie plano adquirido

El diagnóstico clínico se apoya en una evaluación radiológica y clínica, esta última involucra una evaluación física y observacional, sin necesidad de investigaciones exhaustivas. (10)

Otra manera de establecer si existe un pie plano o no es usando mediciones de la impresión plantar mientras se soporta el peso corporal. Existen índices, como el de Staheli que establece un valor que resulta de la relación entre el ancho de la pisada entre el mediopié y el talón. En un análisis observacional se puede distinguir un aplanamiento del arco longitudinal medial con un talón en valgo. Además, se puede observar si está presente el signo de “demasiados dedos”, donde al paciente se le pueden observar más de dos dedos hacia lateral visto el plano frontal posterior.

Los diferentes tipos de pie presentan características estructurales distintas, lo que conlleva a diferentes patrones de carga plantar. Los individuos con pie plano tienen mayor riesgo de desarrollar fracturas por estrés y esguinces de tobillo, así como predisposición a lesiones que involucran el tejido blando, la rodilla y el lado medial de los miembros inferiores. (12, 36)

IV.8.1 Evaluación de la caída del escafoides (ND por sus siglas en inglés)

Para realizar esta evaluación clínica, primero se marca la tuberosidad navicular. Con el paciente sentado y rodillas en flexión a 90°, se mide la distancia de la marca al suelo en milímetros. A continuación, se repite la medición con el paciente de pie y habiendo cargado su peso. Posteriormente, se restan ambas medidas, y si la diferencia expresada en milímetros es ≥ 10 se considera que hay una pronación excesiva del pie. (37)

IV.8.2 Índice de postura del pie (FPI por sus siglas en inglés)

El FPI cuantifica la postura del pie mediante seis ítems en donde se obtiene una puntuación total entre -12 y + 12. Los valores 0 y +5 se consideran neutros, de +6 a +9 se considera pie pronado y de +10 a +12 hiper pronado. De -1 a -5 indica una posición supina y de -6 a -12 una posición de supinación alta. Los ítems consisten en: 1- Palpación de la cabeza del astrágalo, 2- supra e infra curvatura del maléolo lateral, 3- posición del calcáneo en el plano frontal, 4- prominencia de la región talo-navicular, 5- congruencia del arco longitudinal medial, y 6- abducción o

aducción del antepié con respecto al retropié. El sistema de calificación consiste en darle a cada ítem un valor que puede ser -2, -1, 0, +1, +2. Los valores positivos se asignan en cuanto se observa una posición propina del pie, y los negativos a una posición supina del pie. El 0 sería una posición neutra. (37)

IV.8.3 Baropodometría electrónica

El pie es una estructura de soporte compleja que transmite las cargas de otras partes del cuerpo hacia el piso, estas cargas pueden ser estáticas o dinámicas durante la bipedestación estática y la marcha. La biomecánica del pie es responsable de mantener una presión plantar simétrica, tanto de manera estática como dinámica.

Por lo tanto, la *baropodometría* o *pedobarografía*, se presenta como el estudio de las presiones plantares en forma de un registro electrónico en el que se diferencian dos modalidades, estática y dinámica. Es un método relativamente nuevo que mide la distribución de la presión plantar entre el pie y el piso durante cargas estáticas y dinámicas como la marcha. Es una técnica no invasiva con resultados rápidos y con alto nivel de precisión.

Adicionalmente a la evaluación clínica, este método aporta información muy útil sobre el estado del pie y el tipo de descarga en ciertas fases de la marcha que permite comparar un pie patológico con uno sano.

El baropodómetro es una plataforma avanzada que mide las presiones en distintas áreas plantares, esto es posible gracias a sensores electrónicos instalados en una plataforma específica que puede medir la presión tanto en movimiento como en reposo, o sea estática y dinámica. Estas mediciones se observan en imágenes creadas mediante un programa de computadora (software). Las mismas brindan detalles de los puntos de presión, proporcionando información de la distribución de las cargas, puntos de presión, y detección de las áreas de riesgo, que tiene el paciente tanto en bipedestación estática como durante la marcha.

Las evaluaciones estáticas se realizan cuando el paciente se mantiene parado en la plataforma en apoyo bipodal o monopodal. El instrumento hará un mapeo de la superficie que se mantiene en contacto para determinar la cantidad de presión

generada en cada área del pie. El programa del instrumento hará un análisis de la información para determinar el centro de presión o centro de fuerza, CoP o CoF por sus siglas en inglés, que brinda información, no solamente del pie, sino que también de los cambios biomecánicos que afectan la transferencia de peso en los procesos de carga del cuerpo. (38)

Este estudio facilita la identificación del pie plano, proporciona un análisis dinámico del desplazamiento durante la marcha y ofrece datos que permiten definir la pisada neutra, pronada y supinada. En la pronación se identifica como una mayor presión plantar en la región lateral del talón y en el primer y segundo metatarsiano. En la supinación la presión plantar se da principalmente en el borde lateral externo de la planta del pie, concluyendo en definir a la pisada normal como aquella en donde la presión plantar se distribuye equitativamente entre los metatarsianos y el borde externo y región media del talón. (39)

Un ejemplo de equipamiento para recolectar datos de la presión plantar dinámica es el modelo Footwork, que tiene una plataforma con una superficie de 490 x 490mm, un espesor de 4 mm, 4096 sensores capacitivos calibrados con una frecuencia de 200 HZ y una presión máxima de 120N/Cm². (40)



Figura 3. Paciente durante el análisis diagnóstico. Skopljak et al. Pedobarography in Diagnosis and Clinical Application. Acta Inform Med. 2014. 19; 22(6): 374-378.

La estructura y propiedades mecánicas de la FP y de los músculos intrínsecos del pie son de gran importancia en la distribución de la presión plantar, esto se debe a que son fundamentales en la estabilidad del ALM. Una evaluación periódica en la distribución de la presión plantar durante la niñez permite el monitoreo del desarrollo del ALM. Dentro de esta, la edad de 14 años representa un periodo crítico en términos de cambios en la presión plantar probablemente debido al crecimiento de la masa corporal propia de la adolescencia. (41)

Es destacable que muchos problemas estructurales, ya sean congénitos o adquiridos, generan cambios en el área plantar que entra en contacto con la superficie del suelo. Estos factores pueden estar influenciados por características raciales, tipo de pie y las medidas antropométricas. Por ello, las mediciones se realizan siempre en ambos pies, incluso en personas sanas, para obtener información específica sobre los puntos de presión plantar durante actividades como caminar o correr. (38)

La baropodometría es utilizada como una herramienta que permite apreciar de manera dinámica parámetros mensurables en los trastornos de la marcha. Además, este método electrónico tiene una aplicación clínica en diabetología, medicina deportiva, tratamiento de deformidades del pie y rehabilitación, provee información que ayuda a la producción de ortesis plantares, y para la detección de anomalías biomecánicas del pie, la pelvis y columna vertebral. La alteración de las presiones plantares también podrían tener relación con las caídas en adultos mayores. Estos cambios biomecánicos aumentan la posibilidad de que en determinadas regiones se produzcan lesiones como fisuras, ampollas y deformaciones. (42)

La progresión del CoP se determina haciendo una grabación de su desplazamiento en la planta del pie durante la marcha. Las desviaciones del CoP, hacia medial o lateral, proveen información de la alineación de las extremidades inferiores. También brinda información importante sobre la velocidad de este desplazamiento, una velocidad lenta del desplazamiento en una fase específica de la marcha podría indicar una patología en este segmento del pie o un desorden neurológico.

En el sentido biomecánico, este análisis barográfico, brinda la oportunidad de entender distintas patologías como hallux valgus, metatarsalgia, asimetría de los

miembros inferiores, osteoartrosis de rodilla y hasta amputaciones parciales del pie.
(43,44)

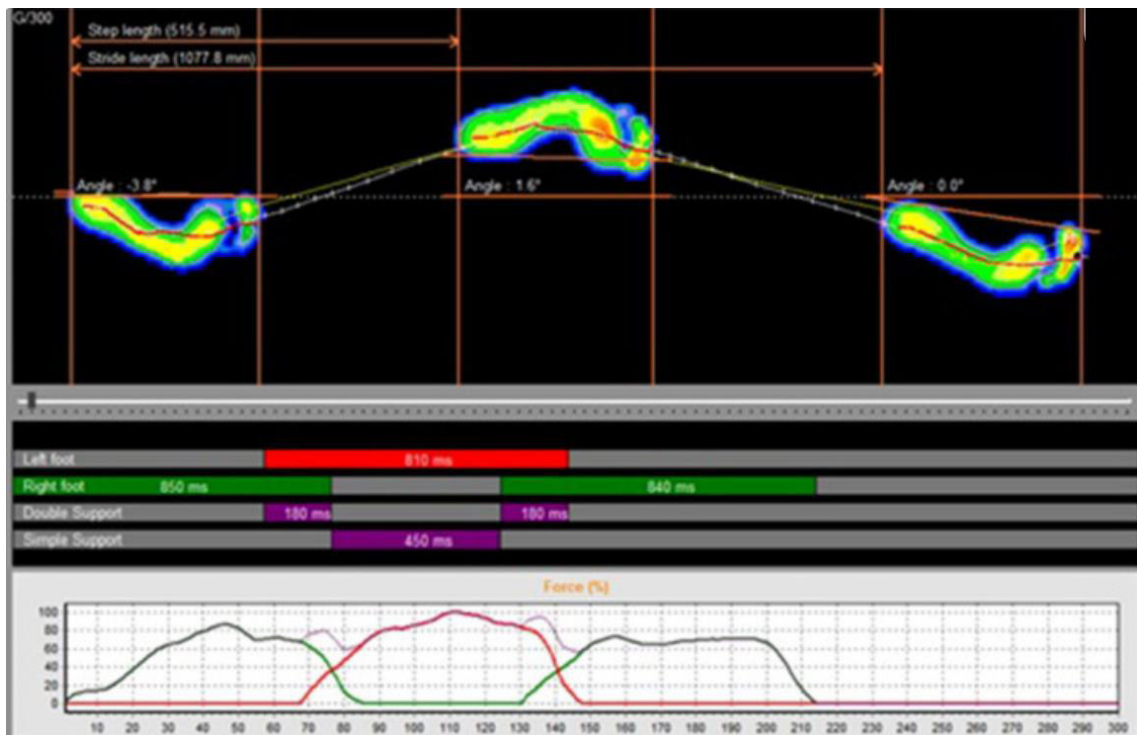


Figura 4. Evaluación pedobarográfica dinámica. Mesci Erkan. Pedobarographic evaluations in physical medicine and rehabilitation practice. Turk J Phys Med Rehabil. 2023; 69(4): 400-409.

El pie plano se caracteriza por el colapso del ALM durante la descarga de peso, eso se evidencia en la baropodometría electrónica como una distribución anormal de las presiones en el pie. Según la literatura consultada se ha demostrado que las mediciones de la presión mediolateral y su relación con el área de superficie son útiles para el diagnóstico del pie plano pediátrico. Se puede observar que el CoP, o centro de presión, se desplaza hacia el lado medial del pie en el pie plano.

El paciente se encontrará de pie, descalzo, con los pies alineados sobre la plataforma, a una distancia de 20 cm entre ellos y sin ayuda de soporte. Debe encontrarse lo más cómodo posible y mirando a un punto fijo a unos 3 metros de distancia.

En conclusión, esta medición entregará información no solamente sobre estado y comportamiento de las estructuras, sino que también del análisis de la marcha, estabilidad postural y biomecánica de las extremidades inferiores.

Cabe mencionar un estudio de corte transversal, descriptivo de una serie de pacientes asintomáticos a quienes se les realizó una medición con una plataforma barométrica en la Ciudad de Buenos Aires. Sobre el cual se presenta la siguiente tabla resumen que permite relevar los datos arrojados para establecer un valor en donde los pacientes no presentaron síntomas en relación al estado de sus pies.

Tabla 1

	Pies asintomáticos (n=316)
	Media (DE)
Pie completo	
Tiempo de contacto (s)	0.79 (0.09)
CPEI (%)	16.55 (7.14)
Talón	
Tiempo de contacto del talón (%)	63.25 (6.25)
Máxima fuerza talón (%BW)	69.34 (8.46)
Máxima fuerza talón (kg)	45.22 (9.70)
Tiempo CoF talón (%)	20.0 (4.49)
Mediopié	
Tiempo de contacto mediopié (%)	66.73 (5.64)
Máxima fuerza mediopié (%BW)	15.9 (8.17)
Máxima fuerza mediopié (kg)	10.7 (6.7)
Tiempo CoF mediopié (%)	25.99 (5.57)
Antepié	
Tiempo de contacto metatarso (%)	92.55 (3.71)
Máxima fuerza metatarso (%BW)	87.52 (9.56)
Máxima fuerza metatarso (kg)	57.03 (11.71)
Tiempo CoF metatarso (%)	46.20 (5.97)
<p>DE = desviación estándar, CoF = <i>Center of Force</i> (centro de fuerza), CPEI = <i>Center of Pressure Excursion Index</i> (índice de excursión del centro de fuerza), %BW = porcentaje de peso corporal.</p> <p>Las mediciones se realizaron en el consultorio y se analizaron con un programa que divide el pie en tres regiones (talón, mediopié, antepié).</p>	

En este artículo se menciona el CoF o centro de fuerza que describe la trayectoria y el tiempo de contacto.

- Tiempo de contacto: se refiere al tiempo transcurrido desde el primer contacto del pie en el piso hasta el último contacto del mismo pie.
- CPEI es la medida de la concavidad o desviación medial-lateral de la trayectoria del CoF en relación con el ancho del pie. Los valores más bajos se asocian con una mayor pronación y los valores más altos con una supinación. Podría, además, mostrar variaciones con la edad y aportar al diagnóstico de cuadros patológicos.
- Tiempo de contacto del talón (%): es el porcentaje del tiempo en el que el talón está apoyado en el piso mientras el CoF avanza hacia el mediopié y antepié. El valor fue de 63,45 % del tiempo de contacto total y es un parámetro que podría detectar dificultades en el despegue del talón en patologías del tríceps sural, artrosis de rodilla, o fallas en el mecanismo de windlass. Su prolongación podría tener relación con el colapso del ALM.
- Máxima fuerza del talón (%BW): es la fuerza de carga máxima durante el contacto del talón definido por el área del talón. El contacto del talón con el suelo es de baja velocidad y para que la fuerza no se dirija hacia adelante violentamente es estabilizado por los músculos flexores y extensores de rodilla y cadera, y dorsiflexores del pie. Este grupo de músculos ya está activo durante la fase de vuelo, pero no se pueden detectar en la plataforma de fuerza hasta que se hace el contacto. El valor está normalizado en relación al peso corporal (%BW). Si este valor se observa disminuido podría vincularse con un colapso del ALM, metatarsalgia, patologías del primer rayo (hallux valgus, hallux rigidus).
- Máxima fuerza del talón (kg): es la fuerza de carga máxima del talón durante el contacto medida en kilogramos definida por el área del talón.
- Tiempo CoF del talón: tiempo transcurrido en porcentaje desde el primer contacto hasta el final del contacto en el mediopié, donde el mediopié se define como el límite anterior de la caja del talón y el límite posterior de la caja del metatarso. La velocidad en la que la fuerza pasa por el talón va a depender de la capacidad de los músculos estabilizadores para controlar el aterrizaje del pie y el frenado de esta fuerza en el sentido hacia el mediopié y metatarso.
- Tiempo de contacto del mediopié (%): porcentaje de tiempo en el que el mediopié está en contacto con el suelo desde el momento en que apoya hasta que

llega al metatarso. El valor en esta muestra fue del 66,73 %. El mediopié que está relacionado con el ALM y el arco transversal, se comporta como un puente colgante, donde el CoF avanza si la estructura está sana. Una patología en esta región detendría el CoF, podría ser un parámetro para evaluar el colapso progresivo del ALM, la disfunción del TP, lesión de ligamentos plantares (ligamento spring), fascitis plantar, etc. También podría indicar una falla en el mecanismo de propulsión del pie o mecanismo de windlass, aspecto ampliamente detallado previamente.

- Máxima fuerza del mediopié (%BW): este número indica la fuerza máxima que soporta el mediopié durante el apoyo en esta región. La fuerza avanza hacia el antepié, pero si la estructura se encuentra alterada por alguna razón se podría provocar un colapso del ALM. Este valor está normalizado con el peso corporal.
- Máxima fuerza del mediopié (kg): fuerza de carga máxima en el mediopié durante el contacto medida en kilogramos definida por su área. Se expresa en valores absolutos y no está normalizado como el anterior.
- Tiempo CoF del mediopié (tiempo en porcentaje): la velocidad en la que la fuerza pase por el mediopié dependerá de la resistencia de la estructura anatómica del ALM y del arco transversal del pie, directamente relacionado a los músculos intrínsecos y extrínsecos del pie. El autor del artículo detalla que observa al pie como un “puente colgante”.
- Tiempo de contacto del metatarso (en porcentaje de contacto): el tiempo que tarda esta región en descender para hacer contacto dependerá de los músculos estabilizadores y del estado de las articulaciones de cadera, rodilla y tobillo. En este estudio el valor fue del 92,55 % del total de la fase de apoyo para pacientes asintomáticos.
- Máxima fuerza del metatarso (%BW): la máxima fuerza del metatarso está relacionada con el despegue del pie en el final de la fase de apoyo e interviene principalmente el tríceps sural que brinda soporte y propulsión. El valor está normalizado con el peso corporal. Si existiera una debilidad de estos músculos y, por ende, de la propulsión podría disminuir la velocidad y aumentar la inestabilidad, resultando en patologías como hallux valgus, metatarsalgia, etc.

- Máxima fuerza del metatarso (kg): fuerza de carga máxima expresado en kilogramos durante el contacto del piso con el metatarso definido por la caja del metatarso.
- Tiempo CoF del metatarso (tiempo en %): el tiempo que permanecerá el CoF en esta área se relaciona directamente con su función de soporte, propulsión y despegue. El metatarso prepara el despegue mientras avanza la fuerza propulsora hacia el hallux y se elevan el mediopié y el talón.

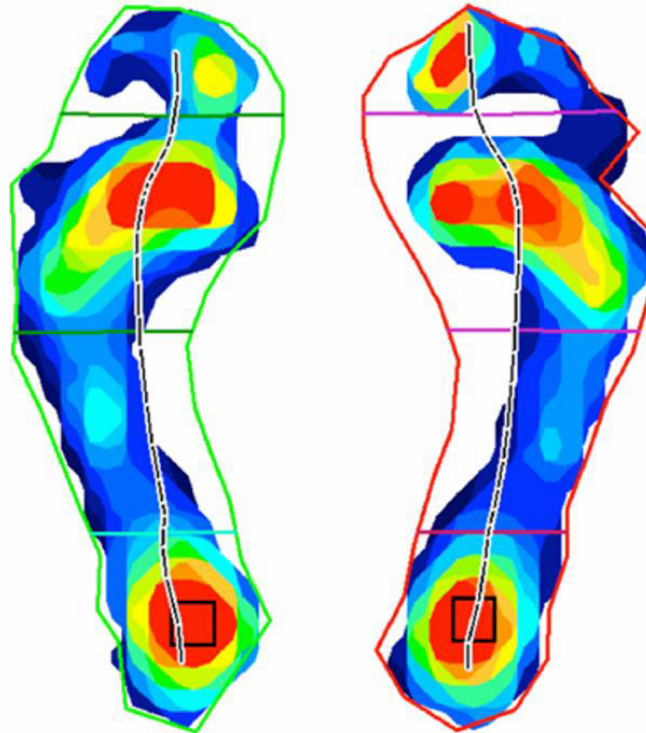


Figura 5. Resultado de una prueba dinámica de pisada con cinco pasos para cada pie. Se presenta con el índice de excursión del centro de fuerza y la división en tres áreas (talón, mediopié, antepié). Castellini Jorge. Rev Asoc Argent Ortop Traumatol. 2022; 87(6): 765-764.

Los valores absolutos expresados en kilogramos de la fuerza máxima de talón, mediopié y metatarso no están normalizados porque dependen del sexo, peso corporal del paciente, lo que podría generar sesgos a la hora de interpretar los resultados estadísticos. (45)

En este artículo el autor divide a la planta del pie en tres áreas, región plantar, región del mediopié y región del antepié. Otro modo de analizar la presión plantar es

dividir al pie seis regiones, agregándole a las tres anteriores una subdivisión medial y lateral. También se puede detallar un análisis geométrico del traslado del CoF que brinda información sobre las articulaciones de cadera, rodilla y tobillo como ya hemos mencionado anteriormente.

IV.9 Tratamiento kinésico conservador para el PPA

Para la disfunción de los músculos extrínsecos del pie existen protocolos de tratamiento que buscan fortalecer esta musculatura relacionada a la inversión del tobillo, estirar el tendón de Aquiles y los gastrocnemios, mejorando la propiocepción. En pacientes con los estadios 1 y 2 de la clasificación de Johnson y Strom, se ha llegado a un resultado de un 90 % de mejoría dentro de un periodo de dos años. Este tratamiento consiste en una gran repetición de ejercicios de flexión plantar y elongación del tendón de Aquiles. Los pacientes mejoraron la fuerza para deambular, con una reducción del dolor en una escala EVA (escala visual analógica), que comenzaba en una valoración de 8/10 a una de 1/10. Se determinó que la obesidad es un factor que ha llevado al fracaso de este tratamiento kinésico. (12)

En la literatura se describen ejercicios para el pie plano divididos en dos grupos, con descarga de peso y sin descarga de peso. Ejercicios realizados en posición de sedestación son sin descarga de peso e incluyen rotaciones de pie, recoger elementos que se encuentren en el piso con el pie, forzar el hallux a la abducción y aducción, cruzar los pies uno sobre otro. En el caso de los ejercicios con descarga de peso, éstos serán caminar en puntas de pie o sobre el filo externo de la planta, también podrán ser de elevación de los talones en un desnivel o escalón, y dando cierta cantidad de pasos con los dedos flexionados.

Los ejercicios para los músculos intrínsecos (SFE por sus siglas en inglés) del pie también son reconocidos en el tratamiento conservador. Estos ejercicios están diseñados para fortalecer la musculatura intrínseca del pie, específicamente en el contexto de un tratamiento del pie plano adquirido. Su objetivo es fomentar la formación del ALM mediante la activación de los músculos intrínsecos del pie. Estos músculos se activan durante ejercicios que implican el desplazamiento del primer metatarsiano hacia el talón sin generar una flexión excesiva de los dedos, lo cual ayuda a prevenir la caída del escafoides.

El músculo abductor del hallux desempeña un papel crucial en la estabilidad del escafoides y, por ende, en la estabilidad del pie en su conjunto. (46)

Los ejercicios Risser se presentan como aquellos diseñados para el fortalecimiento muscular de la región plantar. En detalle son ejercicios que se realizan con una toalla, canicas, lápices, rodillos, pelotas, con el uso de un balancín, caminar sobre el borde externo del pie, caminar sobre la punta de los pies, caminar sobre los talones. Se establece un protocolo que puede ser, por ejemplo, de dos series de cinco minutos dos veces al día. (47)

Si existiera una contractura en el tendón de Aquiles se harán ejercicios de elongación y ejercicios de fuerza con Thera-Band. Caminata en punta de pie y ejercicios de marcha atendiendo siempre a la correcta alineación de las articulaciones. (21)

El tratamiento conservador incluye modificaciones en el calzado, uso de abrazaderas y terapia kinésica.

Una resolución quirúrgica se reserva como último recurso luego que el tratamiento kinésico conservador haya fracasado. (48)

IV.10 Afecciones conocidas relacionados al PPA

La bibliografía indica que existen patologías que podrían desarrollarse o progresar cuando existe un PPA. Entendiéndose que un paciente con PPA que no esté correctamente tratado podría tener mayor probabilidad de padecer alguna de estas afecciones, a saber:

a) Síndrome patelofemoral (SFP)

Esta patología es una de las más comunes, afectando a un 25% de los individuos físicamente activos. Se puede deber a múltiples factores, uno es el PPA. Existen estudios que relacionan el síndrome patelofemoral al pie plano. La mala alineación de la rótula se puede deber a una rotación interna del fémur, un ángulo Q aumentado, posiblemente debido a unos músculos abductores de la cadera debilitados o también a una rotación interna de la tibia debido a un pie prono en eversión. (49, 50)

El abordaje de esta patología con ejercicios para los músculos intrínsecos del pie ha demostrado que existe una reducción en el dolor causado por el SFP, comprobando así la estrecha relación entre el PPA y el SFP.

b) Lumbalgia y dolor en los miembros inferiores

Según un estudio realizado por la universidad de Australia del sur (University of South Australia) publicado en 2015, en donde se auditaron 223 casos. El 50% de esos casos presentaron tener pie plano flexible y de ese número el 77% reportó tener dolor en la espalda baja y en miembros inferiores.

En el mismo artículo se asocian dolores lumbares, de cadera, rodilla y pie al pie plano adquirido sintomático, como también tendinopatía aquiliana, fascitis plantar y fatiga en los miembros inferiores. (51)

c) Fascitis plantar (FP)

La literatura especializada señala que la FP podría estar relacionada a una debilidad de los músculos que concurren a la flexión plantar del pie. Existe un estudio que concluye que la debilidad de los músculos flexores plantares puede ocurrir debido al sobreuso a los que son sometidos en personas con PPA, dado que estos son de gran relevancia en la propulsión de la marcha. A la vez los pacientes que tienen PPA sufren de una falta de estabilidad que resulta en una propulsión inefectiva, por eso el sobreuso de estos músculos flexores plantares y su consecuente debilidad. Esta debilidad se traduciría en un elevado estrés de la fascia plantar y por ende su progresión a una fascitis plantar. Es por esto que el PPA se considera como un factor de riesgo para la FP. (52, 53)

También se puede relacionar la FP con los músculos extrínsecos del pie. El tendón de Aquiles, que proviene del tríceps sural tiene una capacidad de modulación de la tensión en la aponeurosis plantar por su conexión común en el calcáneo. Una elevada tensión del tríceps sural, a través del tendón de Aquiles, elevaría la tensión en la fascia plantar alterando el comportamiento del pie durante la marcha y del ya mencionado **mecanismo de windlass**. (5)

d) Síndrome de sobre uso de los músculos anteriores de la pierna

Las alteraciones biomecánicas propias del PPA, incluso en individuos asintomáticos, resultan en la necesidad de que la articulación del tobillo absorba mayor cantidad de energía durante la descarga de peso durante la marcha lo que provoca una fatiga y el síndrome de uso excesivo de los músculos pretibiales.

A la vez que mayor incidencia de gonalgia y lesiones del cartílago medial de la rodilla. (53)

El propósito de este trabajo es destacar la importancia de una intervención kinésica conservadora oportuna, sin desestimar el uso de ortesis como tratamiento ortopédico. A la vez, se resalta la necesidad de un enfoque kinesiológico que integre en su tratamiento al pie como un sistema complejo. Este sistema incluye una parte dinámica, constituida por la musculatura extrínseca e intrínseca, y un sistema pasivo compuesto por las articulaciones, ligamentos, fascia plantar y mecanismos como el de Windlass.

Si bien el fortalecimiento de músculos extrínsecos del pie, como el tibial posterior, es ampliamente reconocido y ha sido objeto de varios estudios, el trabajo sobre los músculos intrínsecos del pie es igualmente relevante en relación con el estado del ALM y el PPA. No obstante, los músculos intrínsecos son a menudo subestimados en los tratamientos kinésicos conservadores.

Comprender la estrecha relación entre ambos grupos musculares con la FP y el MW es crucial para la planificación de los tratamientos. Esto se refleja en la íntima conexión entre el tríceps sural y el calcáneo, ya que dicho músculo influye significativamente la posición de este hueso, donde se inserta la FP en su región proximal.

En cuanto a músculos intrínsecos del pie, estos no solo contribuyen al sostén del ALM, sino que también previenen el estiramiento excesivo de la FP y, en consecuencia, alteraciones en el MW. En particular el músculo flexor corto de los dedos mantiene una estrecha relación con la FP dado que se inserta en su porción proximal. Los músculos que conforman este grupo acercan los metatarsianos al calcáneo, y su correcta función y fuerza son de vital importancia en el tratamiento del PPA como en la prevención de la progresión de esta patología.

V. Estrategia metodológica

El presente trabajo de investigación se identifica como una tesina con un formato de “revisión bibliográfica”. El mismo se produjo analizando y sintetizando cuidadosamente información que existe en bibliotecas virtuales y estudios científicos que han sido publicados recientemente.

Las bases que se usaron incluyeron PubMed, Biblioteca Virtual de Salud, Scielo, Google Scholar. Estas bases de datos son ampliamente reconocidas en el ámbito científico y proporcionaron acceso a una amplia gama de fuentes de datos confiables y actualizadas. Se utilizaron palabras claves con términos MeSH y términos DeCS, que se detallan en la Tabla 2, y luego, sus combinaciones en la Tabla 3.

Tabla 2. Términos para la búsqueda en bases de datos.

Palabra	Termino libre	DeCS	Mesh
#1	Pie plano	Pie plano	Flat foot Flatfoot [Mesh]
#2	Tratamiento	Tratamiento	Treatment [Mesh]
#3	Rehabilitación	Rehabilitación	Rehabilitation [Mesh]
#4	Fisioterapia	Servicios de Fisioterapia	“Physical Therapy Services” [Mesh]
#5	Tratamiento conservador	Tratamiento conservador	Conservative Treatment [Mesh]
#6	Windlass mechanism		
#7	Baropodometría		
#8	Ejercicios excéntricos		Eccentric exercise

#9	Baño Farádico		
----	---------------	--	--

Tabla 3. Combinaciones de las palabras clave de búsqueda.

	Término	Conector	Término	Conector	Término
#10	#1	AND	#2		
#11	#1	AND	#3		
#12	#1	AND	#4		
#13	#1	AND	#5		
#14	#1	AND	#8		
#15	#1	AND	#5	AND	#8
#16	#1	AND	#5	AND	#9

Los criterios con los que se ha seleccionado a los estudios incluidos son: estudios sin límite de edad, publicados en inglés o español, que proporcionen datos sobre los efectos de las terapias conservadoras de fisioterapia, tales como baños Farádicos, ejercicios de fortalecimiento de los MIP y ejercicios excéntricos, en personas con PPA, y publicados desde 2014 hasta la actualidad. Se incluyeron estudios con diseños metodológicos observacionales, ensayos clínicos aleatorizados, estudios controlados, revisiones sistemáticas y metaanálisis.

Se excluyeron de la búsqueda artículos con más de 10 años de antigüedad, aquellos que no estuvieran disponibles en su totalidad, estudios que abordaran únicamente tratamientos conservadores ortopédicos, o aquellos que no se orientaran al tratamiento kinésico conservador.

Los artículos identificados como relevantes que fueron revisados conforme a los criterios de inclusión y exclusión, y sus resultados se registraron en el cuadro “Contexto del Análisis”. A través de esta recopilación exhaustiva de información, se buscó obtener una visión completa y actualizada del tema de investigación, permitiendo un análisis riguroso y fundamentado en la literatura existente.

VI. Contexto del análisis

Tabla 4. Artículos

N.º	Autor	Año	Tipo de estudio	Título
1	Kaur Veerpreet, Kaur Paramjeet, Kaushal Kavita	2016	Estudio observacional	Effect of Faradic Foot Bath on Flexible Flat Foot
2	Patil A, Jawade S, Somaiya K, Boob M	2023	Revisión Bibliográfica	Efficacy of Faradic Foot Baths and Short Foot Exercises in Symptomatic Flatfoot: A Review.
3	D´Silva C, Metgud S, Heggannavar A	2017	Ensayo clínico aleatorio	Comparative Effect of Mobilization, Low Dye Taping and Faradic Foot Bath in Subjects with Flat Foot – A Randomised Clinical Trial
4	McCormack Joshua, Underwood Frank, Slaven Emily, Cappaert Thomas	2016	Ensayo controlado aleatorio	Eccentric Exercise Versus Eccentric Exercise and Soft Tissue Treatment (Astym) in the Management of Insertional Achilles Tendinopathy
5	Chughtai Morad, Newman Jared, Sultan Assem, Samuel Linsen, Rabin Jacob	2019	Revisión sistemática	Astym® therapy: a systematic review

6	Lepley Lindsey, Lepley Adam, Onate James, Grooms Dustin	2017	Revisión clínica	Eccentric Exercise to Enhance Neuromuscular Control
7	Pabón-Carrasco Manuel, Castro- Méndez Aurora, Vilar-Palomo Samuel, Jiménez- Cebrián Ana María	2020	Ensayo controlado aleatorio	The Effect of Exercise of the Intrinsic Muscle on Foot Pronation
8	Huang Ching, Chen Liang-Yu, Masodsai Kunanya, Lin yi-Yuan	2022	Metaanálisis	Effects of the Short-Foot Exercise on Foot Alignment and Muscle Hypertrophy in Flatfoot Individuals: A Meta- Analysis
9	Kin Ju Sang, Lee Mi Young	2020	Ensayo controlado prospectivo no aleatorio	The effect of short foot exercise using visual feedback on the balance and accuracy of knee joint movement in subjects with flexible flatfoot
10	Molina García Cristina, Rossi Sabrina, López del Amo Lorente Andrés, Morcillo Aitor, Petersen Laura	2022	Revisión sistemática	Eficacia de los ejercicios de fortalecimiento de la musculatura intrínseca plantar en población con pie plano. Una revisión sistemática

11	Ordinola Carla, Chauca Policarpio, Silva Yshoner, Oc Oscar, Pizarro Oscar	2019	Ensayo experimental	Efectividad de ejercicios Risser en pie plano en niños atendidos en el Hospital Regional Virgen de Fátima, Chachapoyas
12	Pizarro Sosa Ivanna	2023	Proyecto de desarrollo	Ejercicios de Risser para formar el arco plantar en niños de 5-7 años con pies planos.
13	Gonzales Acosta Silvio, Sánchez José, Moya Valdés Claudia, Tápanes Cruz Tomás.	2018	Revisión bibliográfica	Análisis retrospectivo de los tratamientos del pie plano flexible (1977- 2018)
14	Brijwasi Tanya, Borkar Pradeep	2022	Ensayo aleatorizado	A comprehensive exercise program improves foot alignment in people with flexible flat foot: a randomised trial
15	Jia Yuqing, Sai Xue, Zhang Enming	2024	Metaanálisis en red	Comparing the efficacy of exercise therapy on adult flexible flatfoot individuals through a network meta-analysis of randomized controlled trials
16	Lee Da-bee, Choi Jong-duk	2016	Ensayo controlado aleatorio	The Effects of Foot Intrinsic Muscle and Tibialis Posterior

				Strengthening Exercise on Plantar Pressure and Dynamic Balance in Adults Flexible Pes Planus
--	--	--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------

VII. Resultados

VII.1 Tratamiento del PPA con Baños Farádicos (BF) combinados con ejercicios de la musculatura intrínseca del pie (SFE)

El pie plano adquirido es una entidad compleja que involucra tanto sistemas activos como pasivos, incluyendo la musculatura intrínseca y extrínseca, así como componentes pasivos articulares, aponeuróticos, ligamentarios y capsulares. En este contexto, la terapia kinésica conservadora debe abordarse de manera integral, asegurando que el tratamiento sea suficiente para alcanzar a todos estos elementos, y no se limite a intervenir en solamente alguno de estos sistemas.

Kaur et al, condujeron un estudio en el que se buscó encontrar el efecto de los Baños Farádicos en el Pie Plano Flexible. El resultado del estudio indicó que, desde la evaluación clínica, los baños Farádicos fueron efectivos en mejorar el estado del ALM, mostrando una diferencia estadísticamente superior entre el índice de Staheli previo y posterior al tratamiento. (54)

El efecto del tratamiento con baños Farádicos es estadísticamente significativo porque reduce la pronación del pie en el PPA.

El Baño Farádico consiste en una frecuencia eléctrica de estimulación por encima de 60 Hz, la configuración Galvánica en cero, y de acuerdo a la tolerancia del paciente. En modo pulsante de diez minutos, en detalle serian diez segundos de contracción por cincuenta segundos de descanso por diez repeticiones.

En la revisión sistemática de Patil et al, se investigó la efectividad de los tratamientos de SFE y de Baños Farádicos en bases de datos como Science Direct, PubMed, Google Scholar. De donde se concluyó que los ejercicios de SFE resultan en la contracción de los músculos plantares que a la vez reducen el largo del pie.

En donde se sostiene que la fortificación de esta musculatura no solamente acerca el calcáneo a los metatarsianos, sino que también eleva la altura del escafoides mientras remarca la necesidad de que los pacientes entiendan correctamente la ejecución de los ejercicios.

Sugiere que la incorporación de los BF a los SFE aliviaría el malestar que encuentran los individuos que padecen de PPA a la vez de sostener la estructura del ALM (10).

En el artículo de D´Silva et al separan tres grupos, uno al que se le hacen ejercicios convencionales y movilización talo-navicular que constaba de un ejercicio de deslizamiento plantar de veinte repeticiones por tres series.

Al grupo B se le aplico un taping de bajo tinte. Se aplicaron bandas de anclaje longitudinales a lo largo del aspecto lateral, desde el quinto metatarsiano hacia el retropié, rodeando el calcáneo y luego hacia el primer metatarsiano sobre el lado medial. Bandas transversales fueron aplicadas traccionando desde el borde lateral hacia el borde medial, cubriendo desde la superficie anterior del calcáneo hasta las cabezas de los metatarsos.

El grupo C fue tratado con BF y ejercicios convencionales. Con los electrodos colocados para estimular los músculos intrínsecos, durante el estímulo se les dio un ejercicio de treinta flexiones de los dedos por tres series.

El taping trabajaría controlando la pronación del pie traccionando del calcáneo hacia anterior y medial y por ende limitando la eversión del retropié.

La fatiga de los músculos intrínsecos del pie aumenta la pronación. Esta pronación puede ser controlada mediante el fortalecimiento de este grupo muscular, utilizando electroestimulación a frecuencias superiores a 60 Hz, lo que contribuye al fortalecimiento muscular.

En conclusión, los tres grupos demostraron ser efectivos en la elevación del ALM, aunque el último, el C, demostró un porcentaje ligeramente mayor de mejora. (55)

VII.2 Tratamiento especializado de tejido blando (ASTYM).

McCormack et al, condujeron un estudio tipo ensayo aleatorizado controlado en donde se analizaron 16 sujetos que fueron tratados con el tratamiento especializado en tejido blando en combinación con ejercicios de fuerza excéntrica sobre una tendinopatía aquiliana.

Los ejercicios de fuerza excéntrica son los mas recomendados para las tendinopatías. Estos ejercicios fueron realizados con el paciente de pie, produciendo una elevación del talón con la pierna sana y luego transmitiendo el peso a la afectada y proceder a bajar lentamente el talón hasta el piso.

Por otra parte, la movilización de tejido blando (ASTYM) consiste en un tratamiento con un elemento portátil para la manipulación del tejido mediante presiones y cortar la tensión hacia los tejidos más profundos para transmitir presión. Esto induciría la regeneración y remodelación del tejido blando mediante la activación de los fibroblastos, liberando endógenamente mediadores celulares y factores de crecimiento. Es un tratamiento que se ha desarrollado recientemente para tratar disfunciones en el tejido blando, estimulando la regeneración de estos tejidos y colaborando a la resorción y remodelación de tejido cicatricial o fibrótico. La movilización de los tejidos blandos está recomendada para el tratamiento de tendinopatías.



Figura 6. Tratamiento ASTYM. McCormack et al. Eccentric Exercise Versus Eccentric Exercise and Soft Tissue Treatment (Astym) in the Management of Insertional Achilles Tendinopathy. Sports Health. 2016.18;8(3): 230-237.



Figura 7. Instrumentos ASTYM. McCormack et al. Eccentric Exercise Versus Eccentric Exercise and Soft Tissue Treatment (Astym) in the Management of Insertional Achilles Tendinopathy. Sports Health. 2016.18;8(3): 230-237.

Se concluye que el tratamiento ASTYM combinado con los ejercicios de fuerza excéntrica fueron más efectivos que solamente el uso de ejercicios de fuerza excéntrica disminuyendo la severidad de la tendinopatía en un periodo de 12 semanas. (56)

Chughtai et al, realizaron una revisión sistemática con el propósito de analizar la literatura relacionada a la terapia Astym para varios desordenes musculoesqueléticos.

El tejido cicatricial que se forma alrededor de los músculos, tendones, ligamentos se caracterizan usualmente por inflamación, dolor y limitación funcional. Concluyendo que, para los pacientes con lesiones como la tendinopatía aquiliana y dolor crónico del tobillo, el tratamiento con Astym combinado con ejercicios excéntricos demostraron tener mayor rango de movimiento, disminución del dolor, y les permitiendo volver a las AVD.

Se ha demostrado que el tratamiento activa mecanismos regenerativos del cuerpo siendo consistentemente seguro y eficaz. (57)

VII.3 Ejercicios excéntricos

Lepley et al. condujeron una revisión clínica sobre el control neuromuscular y el impacto de los ejercicios excéntricos en diversos aspectos de la morfología muscular. Los autores argumentan que las lesiones musculares a menudo están relacionadas con déficits del control neuromuscular, lo que conduce al uso de estrategias compensatorias. Estos déficits neuromusculares se manifiestan en una biomecánica deficiente durante el apoyo, alteraciones en el control postural y una activación muscular periférica anormal, todo lo cual afecta negativamente al sistema musculoesquelético.

Los ejercicios excéntricos se destacan por su capacidad de remodelar la morfología del músculo, contribuyendo a un mejor control neuromuscular y, en consecuencia, reduciendo potencialmente la incidencia de lesiones. Además, favorecen al aumento del área transversal del músculo, incrementan el número de sarcómeros en serie y prolongan la longitud del sarcómero, lo que resulta en el aumento de la fuerza.

En conclusión, los ejercicios excéntricos no solo podrían mejorar la fuerza, sino también la flexibilidad, ya que se ha demostrado que actúan directamente sobre las adaptaciones neuronales, especialmente en los casos donde exista un control neuromuscular deficiente. (58)

VII.4 Ejercicios de los músculos intrínsecos o también llamados para pie corto (SFE por sus siglas en inglés)

Pabón-Carrasco et al. realizaron un ensayo clínico aleatorizado con el objetivo de evaluar la efectividad del fortalecimiento de la musculatura intrínseca del pie, bajo la hipótesis de que los SFE pueden modificar esta pronación.

La muestra estuvo compuesta por 85 participantes asintomáticos con índices que indican caída del escafoides y pie prono. Los participantes fueron divididos en dos grupos: uno de 42 personas que realizaron ejercicios de SFE, los cuales consistían en acercar el primer metatarsiano hacia el calcáneo mientras se mantenían los dedos en extensión; y el otro grupo realizó ejercicios sin una acción biomecánica reconocida.

Tras cuatro semanas de intervención, se observó que luego de ambos grupos demostraron una mejoría en los índices ND y FPI con respecto a las mediciones iniciales.

Los autores concluyeron que los SFE son efectivos para el tratamiento del PPA, aunque señalaron la necesidad de realizar más investigaciones para determinar qué tipo de ejercicio es más eficiente en estos casos. (37)

Huang et al. condujeron un meta análisis para examinar los efectos de los SFE comparados con el uso de ortesis u otro tipo de intervenciones. Se evaluaron los efectos sobre la alineación del pie, ND y FPI, y la hipertrofia muscular.

El meta análisis concluyó que los SFE normalizaron significativamente la alineación del pie comparado con otras intervenciones a pesar de que esa diferencia no fue observada en la hipertrofia muscular. Por lo que recomiendan el uso de los SFE como una herramienta útil para la alineación de la población con PPA y la incorporación del concepto en programas de rehabilitación. (46)

Kim y Lee en su investigación estudiaron el efecto de los SFE combinado con una retroalimentación visual en el equilibrio de la rodilla en pacientes con PPA. El estudio involucró a 30 personas, divididas en dos grupos. Para proporcionar la retroalimentación visual, se diseñó una plantilla personalizada con un colchón de aire ubicado por debajo del ALM, conectado a un tubo y un manómetro. Durante los ejercicios SFE, se monitorearon los cambios en la presión a través del manómetro para evaluar la respuesta de los pacientes.

En los ejercicios de cadena cinemática cerrada, como hacer sentadillas, observaron que la precisión de los movimientos de la rodilla mejoró luego de los SFE.

El estudio concluye que la retroalimentación visual contribuye a evitar las compensaciones y a una mayor activación de los músculos intrínsecos del pie a la vez que mejoraron el equilibrio y la precisión de los movimientos de la rodilla. (59)

Molina et al. Llevaron a cabo una revisión sistemática con el objetivo de identificar los efectos del fortalecimiento de la musculatura intrínseca plantar en el PPA y,

como objetivo específico, determinar la pauta de ejercicios más efectiva. La evidencia científica revisada muestra que la activación de la musculatura intrínseca produce beneficios terapéuticos tanto en situaciones estáticas como dinámicas. La duración del tratamiento varía de entre 4 semanas a 9, dependiendo de la duración de cada sesión.

Todos los autores revisados coinciden en iniciar el ejercicio con el paciente sentado con la rodilla flexionada a 90°, de manera bilateral, y progresar hasta la bipedestación para aumentar la dificultad. No hay un protocolo unificado, lo que sugiere que cada profesional ajustará la duración del tratamiento de acuerdo a su propio criterio, basado en la literatura disponible. Finalmente, se concluye que el uso de ortesis no es comparable como tratamiento, ya que su función es preventiva y no correctiva, lo que limita la comparación de resultados. (60)

Ordinola et al. condujeron un ensayo experimental sobre una población de 26 niños de entre tres y cinco años con diagnóstico de PPA. Los niños fueron divididos en dos grupos, control y experimental. Se determinó a través de plantografía y huella plantar que el grupo experimental presentaba un 30,8 % en grado I, un 54 % en grado II, y 15,4 % en grado III. Tras la aplicación de los ejercicios Risser en este grupo, se observó una mejor significativa, con un 53,8 % de los niños presentando un pie normal, un 30,8 % en grado I, un 15,4 % en grado II y ninguno en grado III. (61)

Pizarro realizó un ensayo experimental en el que evaluó el efecto de la aplicación de los ejercicios Risser en niños con pie plano. Para diagnosticar el pie plano usó un método que consiste en el análisis de la huella plantar en el que se impregna de talco la planta de los pies y luego se apoya sobre una lamina negra, la huella se analiza realizando mediciones y calculando con la formula Hernández Corvo. Resultando en un 32 % con PPA. Se aplicó un esquema de diez ejercicios Risser para el fortalecimiento de los músculos intrínsecos plantares, tres veces a la semana durante seis meses. Se les indicó a los padres como realizar los ejercicios en su domicilio. Del 32 % que acusaba PPA, el 62,5 % mejoraron su condición a pie normal, el 37,5 % aun presenta PPA, pero presentando una notable mejora en la huella plantar. (62)

VII.5 Diferencia entre tratamientos conservadores ortopédicos y de rehabilitación

Gonzales Acosta et al. realizaron una revisión bibliográfica con el objetivo de comparar los tratamientos conservadores para el PPA buscando evidencia científica de distintos tratamientos ortopodológicos. Los estudios sobre tratamientos conservadores de rehabilitación parecen ser más eficaces comparado con soportes o zapatos ortopédicos. Encontrando que estudios podobarográficos que el uso de plantillas para la corrección del valgo de retropié y elevación del ALM, normaliza la distribución de la carga del pie durante la fase de apoyo, pero no parece tener importancia clínica. Finalmente remarca la necesidad de desarrollar un medidas e instrumentos de valoración del PPA a fin de llegar a un diagnóstico correcto. (63)

Brijwasi y Borkar condujeron un ensayo aleatorizado con la consigna de diseñar un programa integral de ejercicios para tratar la caída del escafoides y del ALM. El estudio incluyó a 52 participantes, divididos en dos grupos: control y experimental. El experimental siguió un programa integral de ejercicios que consistió en flexión y dorsiflexión plantar activa, cuatro ejercicios SFE, ejercicios de fortalecimiento de glúteos y estiramiento de la región del tríceps sural.

Los ejercicios para los MIP incluyeron: separación de los dedos, extensión del hallux, formación de un domo con el pie, extensión del dedo meñique. Para la región glútea, se incluyeron extensión de cadera y abducción de cadera. Finalmente, se realizó una elongación del tríceps sural. Los autores destacan la importancia que tiene el fortalecimiento de los glúteos mayor y medio, ya que su debilidad provoca una rotación interna y aducción de la cadera, favoreciendo al valgo de rodilla, lo que puede contribuir a la excesiva pronación del pie. Tras seis semanas de intervención, se observó una mejora sustancial en la caída del hueso navicular y el ángulo del ALM. (64)

VII.6 Tratamiento integral de los miembros inferiores para aliviar los síntomas del PPA

Jia et al. compararon la eficacia de ejercicios terapéuticos para el PPA a través de un metaanálisis en red de ensayos controlados aleatorizados. El estudio indica que

el fortalecimiento de los músculos de la cadera fue la mejor intervención para detener la caída del navicular, seguido de facilitación neuromuscular propioceptiva y los ejercicios de la musculatura intrínseca del pie. Los autores sostienen que existe una correlación entre el estado de la musculatura de la cadera y el colapso del ALM en pacientes con PPA. El impacto de el colapso del arco podría activar una reacción a lo largo de la cadena cinemática, incluyendo la eversión del talón, rotación interna de la tibia, valgo de rodilla, rotación femoral interna, rotación interna y aducción de la cadera, llevando a una anteversión pélvica e inestabilidad lumbopélvica, por ende, un mayor riesgo de lesión.

La investigación sugiere que un fortalecimiento integral del pie fue mas efectivo que el uso de electro estimuladores para fortalecer los MIP.

En cuanto a la duración del tratamiento la mayoría eligió de 8 a 12 semanas, de tres o más sesiones por semana.

Este metaanálisis en red sugiere que el tratamiento para el PPA no tiene que estar limitado a únicamente los ejercicios para los MPI o los MEP, sino más bien debería ser abordado con un enfoque integral de ajuste sobre la cadena motora de los miembros inferiores. El tratamiento debería estar enfocado en la cadera y rodilla, corrigiendo la línea de fuerza del MMII para aliviar el dolor muscular causado por el PPA. (65)

Lee y Choi condujeron un estudio que examina los efectos del fortalecimiento del TP. Este musculo es fundamental para mantener la supinación del pie y el ALM, cumpliendo esta función la mayor parte del tiempo. El estudio incluyó a 16 participantes, divididos en dos grupos: control y experimental. Se midió la altura del escafoides (ND), se evaluó el equilibrio dinámico, y se realizó un análisis baropodométrico para medir las presiones de la huella plantar.

El grupo experimental realizó ejercicios dirigidos a los MIP y a los MEP. Los ejercicios para el TP consistieron en la aducción del pie y supinación del pie con resistencia, ejecutados en sedestación con *theraband*, y progresando hacia la bipedestación y el apoyo unipodal. Además, para prevenir un acortamiento del tendón aquiliano, se indicaron ejercicios de elongación. Para los MIP se realizaron

ejercicios de arrugar la toalla con los dedos del pie y de contraer el pie acercando el primer metatarsiano al calcáneo sin flexionar los dedos, indicándose realizar los ejercicios con el máximo esfuerzo posible. El grupo control solamente realizó ejercicios SFE.

Los resultados mostraron que ambos grupos mejoraron la altura del ALM y el equilibrio. Sin embargo, que el grupo experimental evidenció una mejora significativa en las presiones plantares. En resumen, el grupo que realizó los ejercicios combinados mostró disminución en la variación de altura del arco antes y después de cargar peso, una mejora en el equilibrio dinámico y mejoras significativas en las presiones plantares tras la intervención. (66)

VIII. Discusión

Se ha demostrado que los ejercicios dirigidos a los músculos intrínsecos del pie (SFE) son una parte fundamental de la terapéutica para mejorar las condiciones del pie plano adquirido. Estos ejercicios no solo mejoran la estabilidad del pie afectado, sino que también pueden prevenir o corregir desalineaciones en articulaciones contiguas, como el tobillo, la rodilla y la cadera, que son frecuentes en esta patología y pueden agravar los síntomas más allá de la región del pie.

Es crucial integrar el tratamiento kinésico conservador con el tratamiento médico ortopédico, ya que esta combinación no solo potencia los resultados terapéuticos, sino que también brinda al paciente una mayor sensación de control sobre su propia patología. Esto puede mejorar la adherencia al tratamiento y el compromiso con el proceso de rehabilitación.

Diversos estudios han evidenciado la eficacia de la terapia kinésica conservadora en el tratamiento del PPA. Entre las intervenciones más destacadas se incluyen los ejercicios para los músculos intrínsecos del pie, los ejercicios de fuerza excéntrica, y el uso de agentes físicos como los baños Farádicos. La aplicación de estas terapias con una frecuencia de tres a cinco veces por semana, con sesiones de aproximadamente sesenta minutos, ha demostrado tener efectos positivos en la mejora de los síntomas y la progresión de la patología. Esta combinación terapéutica representa una intervención adecuada y accesible, con resultados clínicos favorables.

La implementación de estas terapias es accesible para la mayoría de los pacientes, ya que no requiere de un equipamiento costoso o complejo. Los ejercicios Risser y SFE, por ejemplo, pueden realizarse con elementos que se encuentran fácilmente en el hogar, mientras que los baños Farádicos solo requieren de un electroestimulador. Sin embargo, es esencial que la dosificación y la ejecución de los ejercicios sean supervisadas y controladas por kinesiólogos especializados, asegurando así la correcta progresión del tratamiento.

En cuanto al diagnóstico del PPA, la literatura destaca la falta de un consenso claro sobre los criterios específicos para identificar con precisión esta patología. Aunque

un terapeuta experimentado puede detectar la presencia del pie plano mediante la observación clínica, aún no existe un punto de referencia definido que marque el inicio de la patología. Además, factores como la edad juegan un rol importante, ya que el pie plano puede considerarse fisiológico dentro de la primera década de vida, y ciertas comorbilidades, como la diabetes, pueden influir en su desarrollo.

De cualquier manera, la implementación de tratamiento kinésico conservador para el PPA es aplicable tanto en casos sintomáticos como asintomáticos, ya que no se han reportado efectos adversos derivados de su uso. La intervención temprana y continuada permite, incluso en casos asintomáticos, prevenir la progresión de la patología y mejorar la calidad de vida de los pacientes afectados.

IX. Conclusión

Tras la exhaustiva revisión de la literatura relacionada con el tratamiento kinésico conservador del pie plano adquirido, hemos llegado a las siguientes conclusiones:

El PPA tiene una incidencia que varía entre el 15 y el 26 %. Puede presentarse con o sin dolor y ser secundario a condiciones como lesiones traumáticas, diabetes o patologías neurológicas. Según la clasificación de Johnson y Strom, en los grados I y II de la patología, el diagnóstico es a menudo difícil, lo que complica un tratamiento temprano, oportuno. Si no se aborda adecuadamente, el PPA puede progresar, provocando dolor, desalineaciones deformantes y afectando gravemente a la marcha y a la calidad de vida.

La rehabilitación del pie plano debe entenderse como un proceso continuo, ya que no busca una cura definitiva, sino la prevención del dolor, inestabilidad y la progresión a los grados más deformantes. El tratamiento conservador debe ser siempre planificado por el kinesiólogo, adaptándose a las características individuales del paciente, con o sin el uso de plantillas ortopédicas.

La combinación de la terapia kinésica, que incluye el método Risser y/o los ejercicios de la musculatura intrínseca o SFE, por sus siglas en inglés, junto con ejercicios de fuerza excéntrica para los músculos que componen la cadena extensora del tobillo, ha demostrado ser de gran utilidad con buenos resultados en los estadios I y II de la patología.

Además, la inclusión de herramientas de medición y evaluación, como la baropodometría electrónica, proporciona información clave sobre la distribución del peso y las presiones plantares, lo que permite ajustar la terapia kinésica teniendo en cuenta posibles desalineaciones que pueden afectar no solo al pie, sino también a la rodilla y la cadera.

Un abordaje inadecuado o la ausencia del mismo podría derivar en la progresión de la patología incrementando el dolor y la incomodidad en los pacientes.

En conclusión, es fundamental concientizar tanto a los profesionales de la Kinesiología como a la población en general sobre la importancia de un abordaje

kinésico conservador integral en los casos de pie plano adquirido sintomático. Este enfoque debe contemplar no solamente la reducción de los síntomas, sino también la mejora funcional y la corrección biomecánica, con el fin de evitar la progresión de la deformidad y el deterioro estructural a largo plazo.

Además, la prevención debería ocupar un lugar central, aun en casos que no presenten síntomas evidentes, ya que el PPA puede desarrollarse de forma progresiva, y en etapas avanzadas, afectar negativamente la calidad de vida del individuo. Un programa preventivo adecuado, enfocado en fortalecer la musculatura intrínseca y extrínseca, mejorando la flexibilidad y la alineación de las articulaciones, podría reducir significativamente la aparición de dolor y el avance de deformidades.

Por último, la evolución de la kinesiología como arte y ciencia promete, en el futuro, el desarrollo de nuevas técnicas, métodos y recursos que se integren a los ya disponibles, potenciando así la efectividad de los tratamientos. A medida que la disciplina avanza, es probable que la intervención kinésica para el PPA incluya innovaciones tecnológicas y terapéuticas que permitan abordar esta patología de manera aun mas precisa y personalizada. Así, el compromiso constante con la actualización profesional y la investigación permitirá a los kinesiólogos ofrecer una atención cada vez mas completa, segura y adaptada a las necesidades de cada paciente.

X. Referencias bibliográficas:

1. Uden H, Scharfbilling R, Causby R. The typically developing paediatric foot: how flat should it be? A systematic review. *J Foot Ankle Res.* 2017; 10:37. Publicado en línea Agosto 2017. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5558233/
2. Kojic M, Protic Grava B, Bajin M, Vasilevic M, Basic J, Stojakovic D, Ilic M. The Relationship between Foot Status and Motor Status in Preschool Children: A Simple, Comparative Observational Study. *Healthcare (Basel).* 2021; 9(8): 936. Publicado en línea 26 julio, 2021. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8392265/
3. Harcourt-Smith W, Throckmorton Z, Congdon K. The foot of *Homo naledi*. *Nat Commun.* 2015; 6: 8432. Publicado en línea 6 Oct 2015. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4600720/
4. Oishi M, Ogihara N, Shimizu D. Multivariate Analysis of variations of intrinsic foot musculature among hominoids. *J Anat.* Mayo 2018; 232(5): 812-823. Publicado en línea 12 enero 2018. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5879964/
5. McKeon P, Hertel J, Bramble D. The foot core system: a new paradigm for understanding intrinsic foot muscles function. *Br J Sports Med.* Marzo 2014. Disponible en: www.bjism.bmj.com/content/bjsports/49/5/290.full.pdf
6. Welte L, Kelly L, Kessler S, Lieberman D. The extensibility of the plantar fascia influences the windlass mechanism during human running. *Proc Biol Sci.* 2021. Publicado en línea Enero 2021. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7893268/
7. Chan C, Chen Y, Yang W. Flatfoot Diagnosis by a Unique Bimodal Distribution of Footprint Index in Children. *PLoS One.* 2014; 9(12): e115808. Publicado en línea Diciembre 2014. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4281062/
8. Beelen PE, Kingma I, Nolte P. The effect of foot type, body length and mass on postural stability. *Gait & Posture.* 2020; Vol 81, 241-246. Publicado en línea en septiembre 2020. Disponible en: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966636220304951?via%3Dihub

9. Elsayed W, Alotaibi S, Shaheen A, Farouk M. The combined effect of short foot exercises and orthosis in symptomatic flexible flatfoot: a randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2023; 59(3): 396-405. Publicado en línea marzo 2023. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10272929/
10. Patil A, Jawade S, Somaiya K, Boob M. Efficacy of Faradic Foot Baths and Short Foot Exercises in Symptomatic Flatfoot: A Review. *Cureus.* 2023; 15(10): e47803. Publicado en línea Oct 2023. Disponible en: www.pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38021688/
11. Toullec E. Adult flatfoot. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & research.* 2015; Vol 101, issue 1, Supplement, S11-S17. Publicado en línea Feb 2015. Disponible en: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877056814003314?via%3Dihub
12. Henry J, Shakked R, Ellis S. Adult-Acquired Flatfoot Deformity. *Foot Ankle Orthop.* 2019; 4(1): 2473011418820847. Publicado en línea Enero 2019. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8696898/
13. Díaz Cevallos A, Ruiz Villacrés H, Monroy Antón A. Relación del somatotipo y las alteraciones posturales podológicas del arco plantar. *Rev Cubana Invest Biomed.* 2017; 36(2). Publicado en línea junio 2017. Disponible en: www.scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002017000200014&lang=es
14. Vidalón P, Sotillos G, Toucedo I, Márquez MJ. Revisión de la efectividad de los soportes plantares personalizados en el pie plano valgo infantil. *Rev Pediatr Aten Primaria.* 2017; 19 (75). Publicado en Septiembre 2017. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1139-76322017000400014&lang=es#B10
15. Ruiz Liard A, Latarjet M. *Anatomía Humana Tomo 1, 5º ed.* Buenos Aires: Médica Panamericana; 2019
16. Edama M, Takabayashi T, Hirotake Y, Hrabayashi R, Sekine C, Kageyama I. Morphological characteristics of the plantar calcaneocuboid ligaments. *J Foot Ankle Res.* 2021; 14:3. Publicado en línea Enero de 2021. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7792160/

17. Masaragian H, Rega L, Perin F, Ameriso N, Coria H, Fabrego C, Veizaga Velasco J. Seguridad de los portales para la reparación endoscópica del ligamento calcaneonavicular: estudio cadavérico. *Rev Asoc Argent Ortop.* 2023; 88(1). Publicado en línea feb 2023. Disponible en: www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-74342023000100113&lang=es
18. Kimura Y, Yamashiro T, Saito Y, Kitsukawa K, Niki H, Mimura H. MRI findings of spring ligament injury: association with surgical findings and flatfoot deformity. *Acta Radiol Open.* 2020; 9(12): 2058460120980145. Publicado en línea Dic 2020. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7739123/
19. Bourne M, Talkad A, Varacallo M. Anatomy, Bony pelvis and Lower Limb, Foot Fascia. StatPearls [Internet]. Última actualización Agosto 2023. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK526043/
20. Park S, Bang H, Park D. Potential for foot dysfunction and plantar fasciitis according to the shape of the foot arch in young adults. *J Excerc Rehabil.* 2018; 14(3): 497-502. Publicado en línea Junio 2018. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6028224/
21. Atik A, Ozyurek S. Flexible flatfoot. *North Club Istanbul.* 2014; 1(1): 57-64. Publicado en línea Agosto 2014. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5175026/
22. Schroeder K, Rosser B, Kin S. Fiber type composition of the quadratus plantae muscle: a comparison of the lateral and medial heads. *J Foot Ankle.* 2014; 7:54. Publicado en línea Dic 2014. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4271414/
23. Sichtung F, Ebrecht F. The rise of the longitudinal arch when sitting, standing and walking: Contributions of the Windlass mechanism. *PLoS One.* 2021; 16(4): e0249965. Publicado en línea Abril 2021. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8031382/
24. Chen D, Li B, Aubeeluck A, Yang Y, Huang Y, Zhou J, Yu G. Anatomy and Biomechanical Properties of the Plantar Aponeurosis: A Cadaveric Study. *PLoS*

- One. 2014; 9(1): e84347. Publicado en línea Enero 2014. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3879302/
25. Manfredi-Márquez M, Távora-Vidalón S, Tavaruela-Carrión N. Study of Windlass Mechanism in the Lower Limb Using Inertial Sensors. *Int J Environ Res Public Health*. 2023; 20(4): 3200. Publicado en línea Febrero 2023. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9962886/
26. Bruening D, Pohl M, Takahashi K. Midtarsal locking, the windlass mechanism, and running strike pattern: A kinematic and kinetic assessment. *J Biomech*. 2018; 73: 185-191. Publicado en línea Mayo 2018. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5944854/
27. Welte L, Kelly L, Lichtwark G, Rainbow M. Influence of the windlass mechanism on arch-spring mechanics during dynamic foot arch deformation. *J R Soc Interface*. 2018; 15(145): 20180270. Publicado en línea Agosto 2018. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6127178/
28. Malakoutikhah H, Madenci E, Daniel Latt L. The contribution of the ligaments in progressive collapsing foot deformity: A comprehensive computational study. *Wiley Online Library [Internet]*. 2022. Publicado en Enero 2022. Disponible en: www.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jor.25244
29. Ling S, Lui T. Posterior Tibial Tendon Dysfunction: An Overview. *Open Orthop J*. 2017; 11: 714-723. Publicado en línea Julio 2017. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5620404/
30. Aco-Luna J, Rodríguez-Jiménez F, Guzmán-Coli M, Enríquez-Guerra M. Frecuencia de alteraciones de la huella plantar en escolares de una comunidad mexicana. *Acta Ortop Mex*. 2019; 33(5). Publicado en línea Ago 2021. Disponible en: www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2306-41022019000500289&lang=es
31. Pita-Fernandez S, Gonzales-Martin C, Alonso-Tajes F, Seoane-Pillado T. Flat Foot in Random Population and its Impact on Quality of Life and Functionality. *J Clin Diagn Res*. 2017; 11(4): LC22-LC27. Publicado en línea Abril 2017. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5449819/
32. Abousayed M, Tartaglione J, Rosenbaum A, Dipreta J. Classifications in Brief: Johnson and Strom Classification of Adult-acquired Flatfoot Deformity. *Clin Orthop Relat Res*. 2016; 474(2): 588-593. Publicado en línea Oct 2015. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4709320/

33. Pasapula S, Choudkhuri M, Monzó E, Dhukaram V. Review of classification system for Adult acquired flatfoot deformity/progressive collapsing foot deformity and the novel development of triple classification delinking inestability/deformity/reactivity and foot type. *J Clin Med*. 2024; 13(4): 942. Publicado en línea feb 2024. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10889573/
34. Ali T, Maucevic A, Adler J. Adolescent-Acquired Flatfeet: The tip of the Iceberg. *Cureus*. 2022; 14(11): e30983. Publicado en línea Nov 2022. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9714763/
35. Orozco-Villaseñor S, Monzó-Planella M, Martin-Oliva X, Frias-Chimal J. Análisis biomecánico a través de simulación numérica de la ruptura del tendón del tibial posterior en el pie plano valgo: estudio en cadáver. *Acta Ortop Mex*. 2048: 32(2). Publicado en línea marzo 2018. Disponible en: www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2306-41022018000200082&lang=es
36. Dickerson L, Queen R. Foot Posture and Plantar Loading With Ankle Bracing. *J Athl Train*. 2021; 56(5): 461-472. Publicado en línea May 2021. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8130767/
37. Pabón-Carrasco M, Castro-Mendez A, Vilar-Palomo S, Jiménez-Cebrián A. Randomized Clinical Trial: The Effect of Exercise in the Intrinsic Muscle On Foot Pronation. *Int J Environ Res Public Health*. 2020; 17(13): 4882. Publicado en línea Julio 2020. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7369729/
38. Mesci E. Pedobarographic evaluations in physical medicine and rehabilitation practice. *Turk J Phys Med Rehabil*. 2023; 69(4): 400-409. Publicado en línea Oct 2023. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11099855/
39. Gómez Echeverry L, Velasquez Restrepo S, Castaño Rivera P. La antropometría y la baropodometría como técnicas de caracterización del pie y herramientas que proporcionan herramientas de ergonomía y confort en el diseño y fabricación de calzado: una revisión sistemática. *Prospectiva*. 2018; 16(1). Publicado en línea junio 2018. Disponible en: www.scielo.org.co/pdf/prosp/v16n1/1692-8261-prosp-16-01-00007.pdf
40. Guedes Rogerio F, Pinto Guedes D. Reproducibilidad y concordancia entre diferentes protocolos de baropodometría dinámica durante la marcha: un estudio

- preliminar. *Fisioter Pesqui.* 2020; 27(4). Publicado en línea Oct-Dic 2020. Disponible en: www.scielo.br/j/fp/a/4YKpbMW5vcLdXFhXwpmDZxP/?lang=pt
41. Demirbüken I, Özgül B, Timurtas E. Gender and age impact on plantar pressure distribution in early adolescence. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2019; 53(3): 215-220. Publicado en línea Marzo 2019. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6599390
42. Vareschi Lopes M, Dos Santos J, Parron Fernandes K. Relacion entre la presión plantar y la amplitud de los movimientos de los miembros inferiores y el riesgo de caídas en adultos mayores. *Fisioter Pesqui.* 2016; 23(2). Publicado en línea Abril Junio 2016. Disponible en: www.scielo.br/j/fp/a/dqyPp3jjXr8d5VFfVxH7WQF/?lang=pt
43. Skopljak A, Muftic M, Sukalo A, Masic I. Pedobarography in Diagnosis and Clinical Application. *Acta Inform Med.* 2014; 22(6): 374-378. Publicado en línea en Dic 2014. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4315649/
44. Baumfeld D, Baumfeld T, Lopes da Rocha R, Macedo B. Reliability of Baropodometry on the Evaluation of Plantar Load Distribution: A Transversal Study. *Biomed Res Int.* 2017; 2017: 5925137. Publicado en línea Marzo 2017. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5352867/
45. Castellini J. Parámetros biomecánicos de la función del pie medidos en el consultorio del especialista en Ortopedia y Traumatología. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol.* 2022; 87(6): 756-764. Publicado en línea Mayo 2022. Disponible en: www.scielo.org.ar/pdf/raaot/v87n6/1852-7434-raaot-87-06-756.pdf
46. Huang C, Chen L, Liao Y, Masodsai K. Effects of the Short-Foot Exercise on Foot Alignment and Muscle Hypertrophy in Flatfoot Individuals: A Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health.* 2022; 19(19): 11994. Publicado en línea Sept 2022. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9564534/
47. Alvarado Huamán A. Efectividad de Ejercicios Fisioterapéuticos para Corregir Pie Plano Grado I y II en Niños de 4 a 10 Años. Repositorio Universidad Privada Antenor Orrego. 2020. Publicado en línea. Disponible en: www.repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/6802/rep_seg.esp.m_ed_antonio.alvarado_efectividad.ejercicios.fisioteraputicos.corregir.pie.plano.grado.i.ii.niños.4-10.hospital.victor.lazarte.echegaray.2020.2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

48. Ozan F, Dogar F, Gencer K, Koyuncu S, Vatansever F. Symptomatic flexible flatfoot in adults: subtalar arthroereisis. *Ther Clinic Risk Manag.* 2015; 11: 1597-1602. Publicado en línea Octubre 2015. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4621198/
49. Petersen W, Ellermann A, Gösele-Koppenburg A, Best R. Patellofemoral pain syndrome. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014; 22(10): 2264-2274. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4169618/
50. Kamel A, Ghuiba K, Allah D, Fayaz N. Effect of adding short foot exercise to hip and knee focused exercises in treatment of patients with patellofemoral syndrome: a randomized controlled trial. *J Orthop Surg Res.* 2024; 19:207. Publicado en línea Abril 2024. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10983661/
51. Banwell H, Thewlis D, Mackintosh S. Adults with flexible *pes planus* and the approach to the prescription of customised foot orthoses in clinical practice: A clinical records audit. *The Foot.* 25(2): 101-109. Publicado en línea Junio 2015. Disponible en: www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958259215000140?via%3Dihub
52. Lee J, Jung T. Lower Extremity Muscle Performance and Foot Pressure in Patients Who Have Plantar Fasciitis with and without Flat Foot Posture. *Int J Environ Res Public Health.* 2023; 20(1): 87. Publicado en línea Diciembre 2022. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9819224/
53. Schwartz E. Plantar Fasciitis: A Concise Review. *Perm J.* 2014; 18(1): e105-e107. Publicado en línea Invierno 2014. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3951039/
54. Kaur V, Kaur P, Kaushal K. Effect of Faradic Foot Bath on Flexible Flat Foot. *IJSR.* 2016; 79.57. Publicado en línea Julio 2018. Disponible en: www.ijsr.net/archive/v7i7/8071804.pdf
55. D'Silva C, Metgud S, Heggannavar A. Comparative Effect of Mobilization, Low Dye Taping and Faradic Foot Bath in Subjects with Flat Foot – A Randomised Clinical Trial. *IOSR-JSPE.* 2017; 4(3). Publicado en línea Junio 2017. Disponible en: www.researchgate.net/profile/Anand-Heggannavar/publication/317507254_Comparative_Effect_of_Mobilization_Low_Dye_Taping_and_Faradic_Foot_Bath_in_Subjects_with_Flat_Foot_-_A_Randomised_Clinical_Trial/links/5b59a663a6fdccf0b2f86250/Comparative-

[Effect-of-Mobilization-Low-Dye-Taping-and-Faradic-Foot-Bath-in-Subjects-with-Flat-Foot-A-Randomised-Clinical-Trial.pdf](#)

56. McCormack J, Underwood F, Slaven E, Cappaert T. Eccentric Exercise Versus Eccentric Exercise and Soft Tissue Treatment (Astym) in the Management of Insertional Achilles Tendinopathy. *Sports Health*. 2016; 8(3): 230-237. Publicado en línea Febrero 2016. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4981065/

57. Chughtai M, Newman J, Sultan A, Samuel L. Astym therapy: a systematic review. *Ann Transl Med*. 2019; 7(4): 70. Publicado en línea Febrero 2019. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6409241/

58. Lepley L, Lepley A, Onate J, Grooms D. Eccentric Exercise to Enhance Neuromuscular Control. *Sports Health*. 2017; 9(4): 333-340. Publicado en línea Junio 2017. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5496707/#bibr74-1941738117710913

59. Kim S, Lee M. The effect of short foot exercise using visual feedback on the balance and accuracy of knee joint movement in subjects with flexible flatfoot. *Medicine (Baltimore)*. 2020; 99(13): e19260. Publicado en línea Marzo 2020. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7220527/

60. Molina García C, Rossi S, Lorente A, Morcillo A, Petersen L, Leal Cano P. Eficacia de los ejercicios de fortalecimiento de la musculatura intrínseca plantar en población con pie plano. Una revisión sistemática. *Revista Académica Seys*. Universidad del Gran Rosario. Publicado en línea Septiembre 2022. Disponible en: <https://rid.ugr.edu.ar/bitstream/handle/20.500.14125/145/Articulo%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

61. Ordinola C, Chauca P, Silva Y, Oc O, Pizarro O, Chávez J. Efectividad de los ejercicios Risser en pie plano en niños atendidos en el Hospital Regional Virgen de Fátima, Chachapoyas 2019. *Revista Pakamuros*. 2020; 8(2): 65-76. Publicado en línea Junio 2020. Disponible en: <https://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/view/99/98>

62. Pizarro Sosa S. Ejercicios de Risser para formar el arco plantar en niños de 5 a 7 años con pies planos. *Repositorio Universidad Técnica de Ambato*. Publicado en línea 2023. Disponible en: www.repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/38812/1/Pizarro%20Soza%20Shirley%20Ivana.pdf

63. González Acosta S, Sánchez J, Valdés C, Tápanes Cruz T. Análisis retrospectivo de los tratamientos del pie plano flexible (1977-2018). *Medicentro Electrónica*. 2018; 22(3). Publicado en línea Septiembre 2018. Disponible en: www.scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30432018000300003
64. Brijwasi T, Borkar P. A comprehensive exercise program improves foot alignment in people with flexible flat foot: a randomised trial. *J Physiother*. 2023; 69(1): 42-46. Publicado en línea Enero 2023. Disponible en: www.pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36526555/
65. Jia Y, Zhang E. Comparing the efficacy of exercise therapy on adult flexible flatfoot individuals through a network meta-analysis of randomized controlled trials. *Sci Rep*. 2024; 14: 21186. Publicado en línea Septiembre 2024. Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11390964/
66. Lee D, Choi J. The Effects of Foot Intrinsic Muscle and Tibialis Posterior Strengthening Exercise on Plantar Pressure and Dynamic Balance in Adult Flexible Pes Planus. *Phys Ther Korea*. 2016; 23(4): 27-37. Publicado en línea Noviembre 2016. Disponible en: www.ptkorea.org/journal/view.html?volume=23&number=4&spage=27