



RIDUNAJ
Repositorio Institucional
Digital UNAJ



Universidad Nacional
ARTURO JAURETCHE

Tesinas de Grado

Ginzuk, Estefania

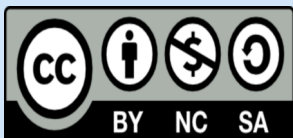
Pie plano flexible sintomático e intervención kinésica en la infancia

2023

Instituto de Ciencias de la Salud

Carrera: Licenciatura en Kinesiología y

Fisiatría



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons.
Atribución – No comercial – Compartir igual 4.0
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

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

Cita recomendada:

Ginzuk, E. Pie plano flexible sintomático e intervención kinésica en la infancia [Tesis de grado]. Florencio Varela: Universidad Nacional Arturo Jauretche; 2023. 115 p. Disponible en:

<https://rid.unaj.edu.ar/handle/123456789/3034>



TESINA

**presentada para acceder al título de grado de la carrera
de**

LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA

Título:

**“PIE PLANO FLEXIBLE SINTOMÁTICO E
INTERVENCIÓN KINÉSICA EN LA INFANCIA”**

Autora:

Ginzuk, Estefania. Legajo 6001

Director:

Lic. Montané, Favio M.

Co-Directora:

Lic. Genovese, Jimena

26/10/2023

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Estefania Ginzuk', written over a horizontal line.

Agradecimientos

“Quiero expresar mi profundo agradecimiento a la Universidad Nacional Arturo Jauretche por brindarme la oportunidad de cursar esta carrera y realizar esta tesina. Agradezco a los directores de la carrera por su orientación y apoyo constante durante mi formación académica.

También quiero reconocer la invaluable ayuda de mis tutores de tesina el Licenciado Favio Montané y la Licenciada Jimena Genovese, cuya dedicación y guía fueron fundamentales en el desarrollo de este trabajo.

No puedo pasar por alto agradecer a mi familia, en especial a mi hijo Valentino, cuyo apoyo incondicional y amor constante han sido mi fuente de inspiración. Además, agradezco a Walter por brindarme el apoyo necesario para alcanzar este logro.

A mis compañeros de carrera y amigos de la universidad, gracias por compartir este viaje de aprendizaje, por los momentos de estudio, las risas y el apoyo mutuo. Su compañía ha hecho que esta etapa sea inolvidable.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento por haber sido parte fundamental en este camino de aprendizaje y crecimiento.”

Estefania Ginzuk

Abreviaturas

- (IA): Índice de Arco
- (TC): Talocrural
- (ALI): Arco Longitudinal Interno
- (TP): Tibial Posterior
- (PL): Peroneo Largo
- (FLH): Flexor Largo del Hallux
- (ADH): Abductor del Hallux
- (FRS): Fuerzas de Reacción del Suelo
- (FLC): Flexor Largo Común
- (AH): Abductor del Hallux
- (FDC): Flexor Corto de los Dedos
- (QP): Abductor del Quinto Dedo
- (CP): Cuadrado Plantar
- (SRCAL): Sistema de Reparto de Cargas del Arco Longitudinal
- (AL): Arco Longitudinal
- (PP): Pie Plano
- (PPF): Pie Plano Flexible
- (PPP): Pie Plano Pediátrico
- (FPI-6): Índice de Postura del Pie-6
- (FFI): Índice de Función del Pie
- (ICS): Índice de Chippaux-Smirak
- (AC): Astrágalocalcáneo
- (C5M): Quinto Metatarsiano
- (TN): Talonavicular
- (OP): Ortesis Plantar
- (PPFv): Pie Plano Flexible Valgo
- (FT): Fisioterapeuta

Índice

I	Introducción	5
II	Objetivos	6
II.a	Objetivo general	6
II.b	Objetivos específicos	7
III	Justificación	7
IV	Marco Teórico	8
IV.a	Complejo Articular del Pie	8
IV.b	Bóveda Plantar	10
IV.b.1	Sistema de Reparto de Cargas del Arco Longitudinal del Pie	13
IV.c	El Desarrollo del Pie en la Infancia.....	15
IV.c.1	Desarrollo Embrionario y Sistema Óseo.....	15
IV.c.2	Centros de osificación.....	16
IV.d	Pie Plano Flexible Infantil.....	16
IV.e	Etiología.....	18
IV.f	Prevalencia e Incidencia	20
IV.f.1	Prevalencia.....	20
IV.f.2	Incidencia.....	21
IV.g	Síntomas.....	22
IV.h	Anatomía Patológica	23
IV.i	Diagnóstico	25
IV.i.1	Exploración Clínica	25
IV.i.2	Exploración Complementaria	34
IV.j	Exploración de la Marcha, El Pie Durante la Marcha.....	35
IV.j.1	Ciclo de la marcha	37
IV.j.2	Tiempos de la marcha.....	38
IV.j.2.a	Fases de apoyo plantar.....	38
IV.j.2.b	La cinemática.....	39
IV.j.2.c	La cinética.....	40
IV.k	Características De La Marcha Infantil.....	42
IV.l	Intervención kinésica.....	45
IV.l.1	Foot Core System	47
IV.m	Ortesis.....	47
V	Estrategia Metodológica.....	49

VI	Contexto De Análisis	52
VII	Resultados	95
VIII	Conclusiones	100
IX	Bibliografía	101
X	Anexos	107

I Introducción

Las alteraciones de los pies en los niños son uno de los motivos más frecuentes de consulta en rehabilitación infantil. Pueden ir asociadas a otras deformidades de las extremidades inferiores.

El pie plano se lo puede definir como el pie que presenta una deformidad en valgo del retropié asociada, generalmente al hundimiento de la bóveda plantar. El pie plano en su formación podría tener varias causas y da lugar a una forma clínica como es el llamado pie plano flexible o laxo infantil ⁽¹⁾ que deriva particularmente de una laxitud ligamentaria, se advierte el arco en el pie cuando éste no soporta peso, pero se aplanan en descarga de peso.

A través de diversos artículos científicos, se reconoce la prevalencia del 97% de pie plano en pacientes pediátricos menores de 2 años. A medida que el niño crece este predominio disminuye drásticamente de forma que sólo el 4% de los pacientes tienen los pies planos alrededor de los 10 años. Esto apoya la creencia de que el pie plano pediátrico se resuelve espontáneamente a lo largo de la primera década del desarrollo ⁽²⁾.

Existe gran cantidad de sistemas de análisis estático y dinámico para cuantificar la huella plantar y establecer una clasificación de tipo de pie entre los cuales se dividen, por un lado, el análisis estático con métodos de inspección visual no cuantitativa, valoración antropométrica, parámetros recogidos de la huella plantar y la evaluación radiográfica.

En artículos recientes se han analizado los factores que pueden predisponer a los niños al desarrollo y la persistencia del pie plano, describiéndose por una parte una mayor laxitud articular, la postura en W, el sexo masculino, la obesidad y la menor edad se asociaban a un mayor riesgo de padecer pie plano en niños preescolares de 3 a 6 años. Asimismo, otros investigadores descubrieron que el sexo masculino y la obesidad también se asociaban a un mayor riesgo de padecer pie plano en niños de 7 a 8 años. Otros estudios confirman que la obesidad está asociada a la persistencia del pie plano en niños mayores. No hay estudios que hayan investigado qué factores aumentan el riesgo de desarrollar pie plano sintomático, y ésta es un área potencial de investigación futura ⁽²⁾.

Por unaparte, algunos pies planos flexibles pueden presentar síntomas como la fatiga muscular y dolor localizados, con una reducción secundaria de la movilidad, el juego y el rendimiento deportivo. Además, quienes presentan pie plano crónico, no tratado o tratado de forma insuficiente puede producir secuelas no deseadas a largo plazo en la cadena cinética, con patología secundaria de tobillo, rodilla, cadera e incluso lumbar⁽³⁾.

El desarrollo del pie plano es sin duda multifactorial. La relación entre los huesos, ligamentos y músculos del pie, junto con la alineación del miembro en general y las condiciones médicas comórbidas, todos juegan un papel en el desarrollo del pie plano⁽²⁾ ⁽³⁾. Las deformidades angulares o en las caderas, las rodillas, los tobillos o los pies pueden aparecer exacerbados durante la marcha y esto puede ayudar a explicar la presencia de síntomas dolorosos⁽²⁾.

En lo que respecta al tratamiento ortésico, según la bibliografía consultada es un tema de debate. Las plantillas ortopédicas no corrigen el pie plano por completo, pero proporcionan mayor comodidad y pueden ayudar a equilibrar el pie evitando así problemas secundarios, como la rotación del tobillo⁽⁴⁾. El objetivo a largo plazo de una ortesis de pie puede ser reducir una deformidad, mantener una deformidad en su nivel actual o frenar su progresión reduciendo las fuerzas deformantes⁽⁵⁾.

La intervención kinésica cumple una función en el tratamiento del pie plano flexible en los niños con sintomatología teniendo en cuenta que persiste la sintomatología en relación, por un lado, con la laxitud ligamentaria y en particular con el desbalance muscular⁽⁴⁾. Debido al subdiagnóstico y a la demora en el acceso al tratamiento encontrado en el campo clínico pediátrico y con el impacto que esto genera en el crecimiento adecuado del pie, surge el interrogante sobre cuáles son las intervenciones kinésicas efectivas en el tratamiento del pie plano flexible sintomático en la infancia.

II Objetivos

II.a Objetivo general

El objetivo general de esta tesina es realizar revisión bibliográfica para analizar las intervenciones kinésicas efectivas en el tratamiento del pie plano flexible sintomático en la infancia.

II.b Objetivos específicos

- ❖ Analizar la biomecánica del niño con pie plano flexible.
- ❖ Reconocer las intervenciones kinésicas apropiadas descritas en la bibliografía.
- ❖ Identificar frente a qué sintomatología se recomienda el tratamiento combinado kinésico y ortésico.

III Justificación

La presente investigación se realizará con el fin de describir una terapéutica existente más adecuada del pie plano flexible en la población infantil sub diagnosticados y hacer una distinción sobre este grupo que cuenta con un modo de intervención y tiene interés clínico. Este trabajo pretende contribuir en el campo de la rehabilitación kinésica infantil sobre una población sin tratamiento que cuenta con una terapéutica que resulta beneficiosa sobre un cuadro clínico que impacta en la marcha, la alineación de los miembros inferiores y los síntomas dolorosos existentes.

IV Marco Teórico

IV.a Complejo Articular del Pie

En este apartado se dispondrá a desarrollar brevemente la anatomía del pie y tobillo, siendo el pie el eslabón más distal de la extremidad inferior y tiene como función conectar al organismo del ambiente que lo rodea, es base de sustentación del aparato locomotor y tiene la capacidad de convertirse en una estructura flexible o rígida en función a las necesidades del terreno.

El pie del ser humano, con sus 28 huesos, 55 articulaciones, múltiples ligamentos y músculos, es una estructura perfectamente adaptada para cumplir con las múltiples exigencias de apoyo y locomoción del cuerpo humano, así como para la realización de los movimientos más complejos.

La articulación del tobillo o articulación talocrural (TC) es la articulación distal del miembro inferior de tipo troclear con un solo grado de movimiento, la flexión y extensión del pie. Su correcta morfología es importante para el mantenimiento de la bóveda plantar y trabaja en conjunto con las articulaciones subastragalina y de Chopart (calcáneo cuboidea y astrágalo-escafoidea).

Desde el punto de vista funcional el tobillo y las articulaciones metatarsofalángicas son consideradas articulaciones de movimiento, por su función dinámica y fundamental para la marcha. El movimiento principal está dado en el plano sagital y es de flexión 15-20° y unos 40-50° de extensión, con centro de giro en el astrágalo⁽⁶⁾.

Desde un punto de vista funcional podemos dividir las funciones del pie en:

- Función motora. Gracias a la cual se logra el impulso necesario para caminar, correr y saltar.
- Función de equilibrio. Ésta se lleva a cabo a expensas de la articulación del tobillo, los huesos metatarsianos en el antepié y los ligamentos laterales que actúan a modo de correas.

- Función amortiguadora de las presiones⁽⁷⁾⁽⁸⁾.

Primeramente, las estructuras óseas del pie se dividen en retropié, mediopié y antepiésus tres ejes principales se interrumpen en el retropié. El eje transversal pasa por los dos maléolos y corresponde a la articulación TC y condiciona los movimientos de flexo-extensión del pie realizados en el plano sagital; el eje longitudinal de la pierna es vertical y condiciona los movimientos de aducción-abducción del pie, con una amplitud de movimiento de 35° a 45° efectuados en plano transversal; y el eje longitudinal del pie es horizontal sobre el que se realizan movimientos de pronación-supinación con una amplitud de movimiento de 25-30° de pronación y 52° de supinación, pertenece al plano sagital.

Movimientos no son puros en las articulaciones del pie, la aducción acompañada de una supinación y ligera extensión se denomina inversión. Inversamente, la abducción se acompaña de una pronación y la flexión se trata de una eversión.

Una parte importante, es la relación estructural y la congruencia articular que desempeña un papel importante para el mantenimiento del pie en posición fisiológica. Es absolutamente necesario que la pinza maleolar sujete el astrágalo manteniendo el talón correctamente alineado. El talón debe seguir la línea de Helbing (vertical que pasa por el centro del hueco poplíteo y por el centro del talón), puede desviarse 5°-7° de valgo, siendo funcional en la marcha al amortiguar el choque de talón con el suelo⁽¹⁾⁽⁶⁾.

Seguidamente a la articulación TC, se encuentra la articulación subastragalina o astragalocalcánea, con movimientos principales de inversión y eversión, teniendo origen en el calcáneo principalmente, al tiempo que el astrágalo queda bloqueado en la mortaja.

La simultaneidad de los movimientos de la art. subastragalina da por resultado la inversión que alcanza los 30° y la eversión unos 10°⁽⁶⁾.

Luego la articulación transversa del tarso consiste en la astráloescafoidea y calcaneocuboidea. La cabeza del astrágalo queda incluida en la cavidad de la cara posterior del escafoides, y el movimiento de esta articulación es de rotación alrededor de un eje que pasa por el astrágalo y sigue una dirección antero interna y descendente.

Durante la marcha en el momento de contacto de talón con el suelo, la tibia realiza un movimiento de rotación interna, el tobillo efectúa una flexión plantar o extensión y el retropié se coloca en valgo. En esta posición y con los ejes paralelos de la articulación

astrágaloescafoidea y calcaneocuboidea permitiendo así el movimiento en su interior. El pie para adaptarse al terreno y amortiguar el impacto con el suelo adquiere esta flexibilidad. En el despegue la tibia realiza una rotación externa y, por acción del tríceps sural y el tibial posterior el tobillo realiza la flexión plantar o extensión y el retropié se sitúa en varo. En esta posición es donde el pie adquiere rigidez para soportar todo el peso del cuerpo en el antepié⁽⁶⁾.

Las bases de los metatarsianos del tercero al quinto, de disposición oblicua, permiten un movimiento rotatorio entre ellos. El quinto metatarsiano solamente está en contacto con el cuarto y con el cuboides, y realiza un movimiento rotatorio amplio aumentando el arco transversal arqueando la planta del pie.

El primer metatarsiano es el más corto y grueso. Su base permite la dorsiflexión y la flexión plantar además de la rotación respecto a la relación del segundo metatarsiano y la primera cuña. En su cara plantar se disponen dos carillas para los dos sesamoideos actuando como fulcros para los tendones del flexor plantar del hallux, además del soporte del peso corporal.⁽⁹⁾

El hallux posee dos falanges, y los demás dedos, tres. El movimiento adecuado de estas articulaciones necesita de un alineamiento y la flexibilidad suficiente de las cápsulas articulares y los tendones para la flexión y extensión completas. La acción de los tendones sobre el hallux difiere del resto de los dedos, por tener dos falanges, por lo tanto, la falange distal presiona contra el suelo en la flexión y es mínimo el movimiento en la proximal. Los restantes dedos con sus tres falanges, asumen una forma de garra por el paso de los tendones sobre sus tres articulaciones⁽⁶⁾⁽⁹⁾.

IV.b Bóveda Plantar

Estructura sujeta por tres arcos, compatible con la forma de un triángulo equilátero con 3 puntos de apoyo, los cuales están incluidos en la zona de contacto con el suelo o huella plantar. Esos puntos corresponden a la cabeza del primer metatarsiano, la cabeza del quinto metatarsiano y a las tuberosidades posteriores del calcáneo. Cada punto de apoyo es común a los dos arcos contiguos. El arco anterior o transversal más corto y bajo localizado entre los dos puntos de apoyo anterior. El arco externo, de longitud y altura intermedias, se localiza entre los dos puntos de apoyo externo. El

arco longitudinal interno (ALI) más largo y alto se localiza entre los dos puntos de apoyo internos, siendo más relevante plano estático como dinámico⁽¹⁰⁾.

Respectivamente, la parte superior de la bóveda, que soporta fuerzas de compresión está formada por huesos; la inferior, es la que resiste fuerzas de tracción, formada por ligamentos aponeuróticos y músculos cortos, mecánicamente preparados para esa función⁽⁶⁾.

Esta estructura mantiene su forma gracias a estabilizadores pasivos, los huesos, cápsulas ligamentos; además de los estabilizadores activos como los tendones y músculos.

El ALI en este tipo morfológico de pie plano flexible, es el arco que se ve alterado en mayor medida. Comprende cinco huesos que son: el primer metatarsiano, que sólo descansa en el suelo en el punto de apoyo de su cabeza; la primera cuña, que no tiene contacto con el suelo; el escafoides tarsal, al cual se le considera como el hueso clave en la formación de la bóveda plantar y que en la edad adulta promedia una elevación de 15 a 18 mm por encima del suelo; el astrágalo, que es el que se encarga de distribuir a través de la bóveda los impulsos provenientes de la pierna; y por último, el calcáneo, que descansa sobre el suelo por su extremo posterior⁽¹⁰⁾. Como se mencionó, estas cinco piezas óseas componen la estabilidad pasiva de la bóveda.

Numerosos ligamentos plantares las unen: el ligamento cuneometatarsiano, ligamento escafo-cuneal, ligamento interóseo calcáneo escafoideo inferior o ligamento de Spring y el ligamento interóseo calcáneo astragalino. Estos dos últimos son los de mayor importancia en la recepción de fuerzas violentas de corta duración⁽¹⁰⁾. Los músculos extrínsecos del pie actúan como tensores, estos son: músculo tibial posterior (TP), peroneo largo (PL), flexor largo del hallux (FLH) y el aductor del hallux (ADH) (Figura 1).

El TP, situado cerca del vértice del arco. Su fuerte tendón dirige el escafoides hacia abajo y atrás, bajo la cabeza del astrágalo, además de sus expansiones plantares de su tendón se entremezclan con los ligamentos plantares incidiendo sobre los tres metatarsianos medios.

Por otro lado, el músculo peroneo largo influye sobre el ALI aumentando la cavidad flexionando el primer metatarsiano sobre la primera cuña, y este a su vez sobre el escafoides.

A su vez el músculo FLH forma la curva casi total del ALI, actúa con potencia en su concavidad, ayudado por el músculo flexor largo de los dedos que lo cruza por debajo.

También, se opone estabilizando el astrágalo y el calcáneo pasando entre sus dos tubérculos posteriores, se opone al retroceso del astrágalo. Al pasar por debajo de la prominencia del sustentaculum tali, el tendón de este músculo eleva el extremo anterior del calcáneo que recibe el empuje vertical de la cabeza del astrágalo.

Por último, el músculo ADH, un tensor eficaz que acentúa la concavidad del arco interno aproximando sus extremos.

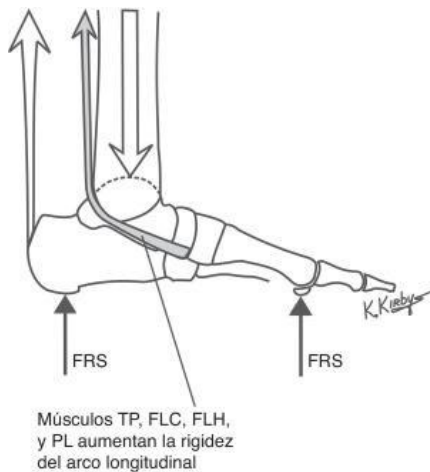


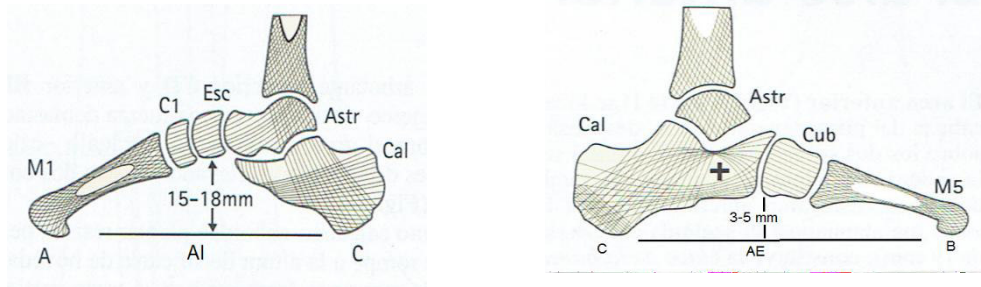
Figura 1. FRS. Fuerza de reacción del suelo. El músculo tibial posterior (TP), dibujado arriba, junto con el flexor largo común (FLC), flexor largo del dedo gordo (FLH) y peroneo largo (PL) causan un momento plantarflexor del antepié con su actividad contráctil, que aumenta la rigidez del arco longitudinal, y también actúan para desacelerar el aplanamiento del arco longitudinal y/o acelerar la elevación del arco longitudinal durante la marcha. ⁽¹¹⁾

Los músculos plantares intrínsecos: el abductor del hallux (AH), flexor corto de los dedos (FDC), abductor del quinto dedo (QP) y cuadrado plantar (CP) son los músculos plantares intrínsecos más importantes en prevenir un aplanamiento y elongación excesivas del arco longitudinal ⁽¹¹⁾.

El arco externo incluye a tres huesos: el quinto metatarsiano, sobre cuya cabeza descansa el apoyo anterior; el cuboideo, que se encuentra en suspensión y sin contacto con el suelo (Figura 2), y el calcáneo cuyas tuberosidades posteriores constituyen el punto de apoyo posterior. Este arco es mucho más rígido que el arco interno, lo que le permite transmitir adecuadamente el impulso motor del tríceps sural, potenciado en su mayor parte por el gran ligamento calcáneo cuboideo plantar, cuyos fascículos profundo y superficial impiden que las articulaciones calcáneo-cuboidea y cuboideo-metatarsiana se entreabran por su parte inferior bajo la influencia del peso del cuerpo.

El arco anterior o transversal tiene como puntos de apoyo las cabezas del primer y quinto metatarsiano, con lo cual las cabezas de los otros tres metatarsianos normalmente no tienen contacto con el suelo. Sin embargo, en muchas patologías en las que existe un desbalance entre los músculos intrínsecos del pie, se ocasiona el

aplanamiento de este arco, lo que contribuye a la formación de los dedos en garra y a



la aparición de callosidades plantares de dolor variable.

Figura 2. La transmisión de los impulsos mecánicos se lee en la disposición de las trabéculas óseas. AI) Arco interno. AE) Arco externo.

IV.b.1 Sistema de Reparto de Cargas del Arco Longitudinal del Pie

Sistema de reparto de cargas del arco longitudinal, Mecanismo de Windlass y fascia plantar.

Existe un complejo balance mecánico de fuerzas que actúan en el arco longitudinal (AL) con lo que le permite al pie tener un balance óptimo, en estabilidad como flexibilidad en el tiempo. Es el sistema de reparto de cargas del arco longitudinal (SRCAL) ⁽¹¹⁾ descrito por Kirby en 2012, que permite considerar las características biomecánicas del arco longitudinal durante actividades en carga.

Para realizar las funciones el pie debe ser flexible en superficies irregulares y tener suficiente rigidez para permitirle al pie la propulsión eficaz durante la marcha y la carrera. Para ello el pie tiene un sistema único de 4 capas de reparto de cargas formado por la fascia plantar, los músculos plantares intrínsecos, los músculos plantares extrínsecos y los ligamentos plantares. Estas cuatro capas de elementos de soporte de carga tensional, en sinergia con los elementos óseos que constituyen el AL, trabajan conjuntamente para aumentar la rigidez en situaciones de carga.

El AL constituye un resorte natural, deformándose bajo la acción de las fuerzas de reacción del suelo y luego recuperando su posición natural una vez que desaparece la carga. Los huesos del AL son elementos de soporte de carga compresiva del pie, junto con sus ligamentos, tendones y músculos, le confieren al AL a su vez tanto movilidad y

estabilidad suficientes para un funcionamiento acorde a las magnitudes de cargas externas de las FRS. El SRCAL usa los elementos pasivos de la fascia plantar y los ligamentos plantares, dos de ellos importantes que previenen el aplanamiento del AL son el lig. de Spring y ligamento plantar largo; junto con elementos de control activo músculos intrínsecos y extrínsecos del pie en sinergia para lograr la integridad y perfecto funcionamiento del AL.

La característica mecánica de estos cuatro elementos de soporte es que realizan las mismas funciones, de tal forma que, si un elemento falla, los restantes permiten un funcionamiento apropiado del AL.

Existen diferentes autores que le atribuyen al pie una función automática de estabilidad. Los trabajos clásicos de Hicks mostraron que al aumentar la fuerza tensional en la fascia plantar en condiciones de carga por medio de la dorsiflexión del hallux, el AL aumentaba en lo que llamó “efecto Windlass”⁽⁹⁾ (Figura 3).

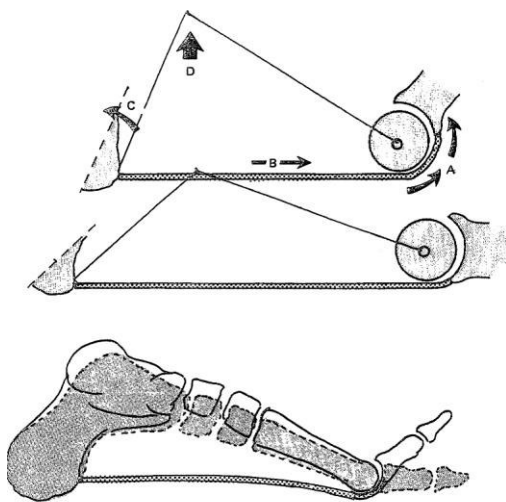


Figura 3. Forma de la fascia plantar rodea a la cabeza del metatarsiano, durante la dorsiflexión (A) la fascia está en tensión (B) y modifica el ángulo del calcáneo (C) y eleva el arco longitudinal (D)⁽⁹⁾.

En cambio, Kirby señaló la función de mecanismo de autorrigidez (Figura 4) del AL que se produce de forma automática, que se lo atribuye a las estructuras óseas arqueadas del AL; la inserción posterior de tendón de Aquiles que causa un momento plantarflexor del tobillo sino también, del retropié que tiende aplanar al AL; las localizaciones de la fascia plantar y los ligamentos plantares que resisten pasivamente el aplanamiento del AL según las FRS aumentan en la zona plantar del antepié durante el apoyo medio. Este es un mecanismo pasivo no requiere energía para aumentar la rigidez de la estructura⁽¹¹⁾.

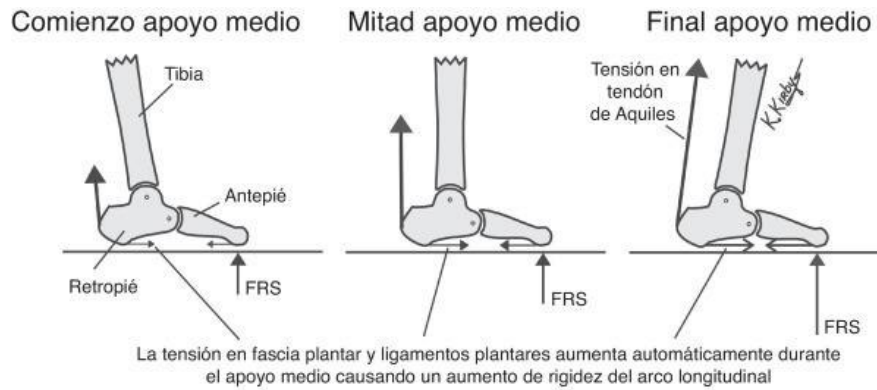


Figura 4. Mecanismo de autorrigidez por Kirby⁽¹¹⁾.

IV.c El Desarrollo del Pie en la Infancia

IV.c.1 Desarrollo Embrionario y Sistema Óseo

El sistema esquelético se desarrolla a partir del mesodermo. Los esbozos de las extremidades inferiores aparecen por primera vez entre las tres y las cinco semanas embrionarias y se colocan ligeramente laterales a los miotomas lumbar-sacros⁽¹²⁾⁽¹³⁾.

El pie se desarrolla a partir de la mesénquima condensado que se proyecta a través del ectodermo adyacente para formar la plantilla del pie o anclaje. Se produce una gran diferenciación de los tejidos embrionarios para formar los componentes cartilaginosos, óseos, vasculares y neurales del eventual pie del lactante⁽¹³⁾.

El crecimiento óseo del pie continúa siendo muy rápido hasta los cinco años de edad, disminuyendo hacia la madurez esquelética de los pies, que ocurre en promedio a los 12 años en las niñas y a los 14 años en los niños⁽¹⁴⁾. Desde el nacimiento hasta aproximadamente los ocho años de edad, hay una serie de cambios en la alineación y la movilidad que ocurren debido tanto al modelado como al crecimiento óseo. El desarrollo neuromotor normal es crucial para los cambios dinámicos que deben ocurrir para convertir el esqueleto infantil muy plástico en una forma más estática⁽¹⁵⁾. El principal atributo óseo del pie del niño pequeño que lo vuelve “plano” cuando soporta peso es la posición en varo del talón (se convierte en valgo con la postura). Los aliados de los tejidos blandos de esta postura de desarrollo del pie plano son la laxitud de los ligamentos⁽¹⁶⁾, fuerza muscular y tono muscular⁽¹⁵⁾.

IV.c.2 Centros de osificación

El pie consiste en igual cantidad de tejido óseo y blando al momento del nacimiento, y la radiografía de este miembro muestra solo las diáfisis de la falange y los metatarsianos, y los núcleos del astrágalo y el calcáneo (Anexo. Figura 5). Estos últimos dos huesos, y a veces el cuboide, están osificados al nacimiento, los demás están formados todavía por cartílago. El crecimiento y desarrollo del tejido óseo continúa desde la lactancia hasta la adolescencia, son las edades en que aparecen y se fusionan los centros de osificación. Es durante este período de crecimiento que se pueden tener lugar cambios estructurales en el pie como resultado de tensiones anormales. El pie está compuesto en 90% por hueso al momento en que se alcanza su crecimiento total ⁽⁹⁾.

IV.d Pie Plano Flexible Infantil

Para empezar, se define al “pie plano (PP) como aquel que presenta una deformidad en valgo del retropié, asociada generalmente a un hundimiento de la bóveda plantar” ⁽¹⁾ y en el niño es el resultante de un aumento del paquete adiposo bajo el arco longitudinal del pie ⁽⁹⁾.

Por un lado, diferentes son las causas que originan el PP dando lugar a diferentes formas clínicas como el pie plano laxo infantil, el pie plano poliomiélico, el astrágalo vertical. La anatomía patológica de esta variedad de formas clínicas tiene en común en la observación un valgo de retropié y un antepié en supinación ⁽¹⁾⁽¹⁰⁾.

Por otra parte, en la literatura no hay una definición universal sobre esta subcategoría que es el pie plano flexible (PPF). Varios autores han propuesto criterios y diferentes clasificaciones en el tiempo.

Según Martínez Lozano define al “pie plano flexible como una variante fisiológica común y normal en el niño, adolescente y en el adulto. Se define como una disminución del arco longitudinal del pie asociado a valgo del retropié. Generalmente asintomático. Es muy común en la infancia, se asocia a laxitud ligamentaria generalizada y debido a que ésta tiende a disminuir con la edad, se resuelve en forma espontánea en la mayoría de los casos” ⁽¹⁷⁾.

También Cailliet define de manera similar:

El pie plano flexible tiene un arco longitudinal adecuado, que desaparece cuando el pie soporta peso y usualmente aparece de nuevo cuando el paciente se para en punta de pie. Este trastorno resulta de flacidez ligamentosa, suele ser congénito... el escafoides y la cabeza del astrágalo, ésta última muy prominente, están en contacto con el suelo en el pie plano de gran intensidad. El talón y el antepié usualmente presentan eversión, y el antepié está desplegado⁽⁹⁾.

Estas clasificaciones propuestas, a lo largo del tiempo, tienen en particular la ausencia del arco longitudinal del pie durante la carga, a lo que agrega Baar, A. et al⁽¹⁸⁾ que se corrige con la hiperextensión del primer dedo (efecto Windlass).

El American College of Foot and Ankle Surgeons financió un proyecto para desarrollar una guía clínica de recomendaciones para el diagnóstico clínico y tratamiento de un subconjunto de pie plano, pie plano pediátrico (PPP)⁽¹⁹⁾ publicado en 2004. Los investigadores identificaron varias subcategorías de pie plano infantil, incluyendo pie plano flexible, pie plano rígido, “skewfoot deformity” y pie plano infantil asociado a otras patologías específicas.

El PPP se divide en categorías flexible y rígido. El pie plano flexible (PPF) se caracteriza por un arco longitudinal interno (ALI) normal en reposo y un aplanamiento del arco en la fase de apoyo. El pie plano rígido se caracteriza por un arco rígido y plano cuando soporta peso y estos están asociados a patologías subyacentes que requieren una atención especial.

El PPF se puede clasificar según la aparición de sintomatología, sintomático o asintomático; PPF *asintomático* puede ser *fisiológico* o *no fisiológico* según lo desarrollado por Harris et al⁽¹⁹⁾. La mayoría de los PPF son fisiológicos, asintomáticos y no requieren tratamiento. El *pie plano fisiológico* es una condición benigna común en la que el pie permanece flexible. Ocurre en niños por lo demás sanos. Durante la infancia y la niñez, la condición tiende a desaparecer. Las formas benignas de pie plano pueden clasificarse según su etiología; posición intrauterina; laxitud ligamentaria; obesidad y el uso de zapatos⁽²⁰⁾.

El PPF *asintomático fisiológico* sigue la historia natural de mejora con el tiempo, indicándose la observación para detectar la aparición de síntomas y signos de progresión.

El PPF *no fisiológico* se caracteriza por una progresión en el tiempo, con un grado de deformidad más grave que el PPF fisiológico, con eversión del talón excesiva y la articulación talonavicular inestable. Se indica la observación periódica en este tipo de pie.

El PPF *sintomático* adquiere relevancia en esta investigación, a diferencia del PPF fisiológico y asintomático y el no fisiológico, producen quejas subjetivas, alteran la función y producen hallazgos objetivos significativos. Incluyen dolor a lo largo de la cara medial del pie; dolor en el seno del tarso, la pierna y la rodilla, disminución de la resistencia; alteraciones de la marcha; cabeza del astrágalo prominente; talones en eversión y opresión en el talón⁽¹⁹⁾.

IV.e Etiología

Existen tres teorías sobre la etiología del PPF en niños, las cuales son: la hiperlaxitud ligamentaria con hipermovilidad de las articulaciones, el sobrepeso/obesidad y en menor medida, la fuerza y la función se distinguen como factores que pueden contribuir a un pie plano.

El PPF infantil, constituye una de las causas más frecuentes de consulta de cirugía ortopédica y también de pediatría hasta la edad de 5 o 6 años en muchas ocasiones se trata de falsos pies planos, debido a un aumento del panículo adiposo de la planta del pie, y otras veces los padres refieren una marcha de puntas, que puede ser motivo de alarma familiar pero que, constituye un método espontáneo de corrección y tonificación de la musculatura⁽¹⁾.

Entre los 2 a 3 años y los 9 y 10 años de edad esta condición generalmente se observa en niños hiperlaxos que con frecuencia presentan también un genu valgo y maniobras Rotes positivas (por ejemplo, hiper extensibilidad de codos, rodillas y pulgares). El aumento de la actitud de los ligamentos interóseos y calcáneo escafoideo (o ligamento en hamaca) provoca que el astrágalo se deslice hacia abajo, hacia delante y hacia dentro, abriéndose de este modo el ángulo formado los ejes mayores del cuerpo del astrágalo y del calcáneo⁽¹⁾.

No se ha identificado un único factor como causa fundamental del PPF infantil. Se han descrito dos teorías clásicas sobre su etiología: un tipo de pie plano que se presenta

desde el nacimiento y se acompaña por una buena movilidad articular y una función muscular aparentemente normal. Duchenney otros autores citados por Marchena et al⁽²¹⁾, llegaron a creer que la función normal y coordinada de los músculos del pie y tobillo eran responsables del mantenimiento del arco longitudinal y que la debilidad muscular subclínica era responsable del PPF. Esta teoría fue refutada por Basmajian et al⁽²²⁾ quienes con estudios electromiográficos de los músculos del pie y tobillo mostraron que la altura del arco longitudinal está determinada por las características del complejo hueso-ligamento, y que los músculos mantienen el equilibrio, acomodan el pie a terrenos irregulares, protegen los ligamentos del estrés inusual y propulsan el cuerpo hacia delante. Los seguidores de esta teoría hueso-ligamento creen que la forma del arco longitudinal bajo la carga estática está determinada por la forma y la interrelación de los huesos asociado con la longitud y flexibilidad de los ligamentos. Esta última se apoya en la observación de que la incompetencia del ligamento de resorte es un eslabón común en la pérdida de un arco medial normal durante la carga de peso.

Otro factor es la obesidad infantil o sobrepesopredisponente para el PP según lo estudiado^{(23) (24) (25)} cuya influencia es la edad, sexo y peso.

En 2006, Pfeffier M. et al⁽²⁴⁾ estudiaron una muestra de 835 (411 niñas y 424 niños) con edades comprendidas entre los 3 y los 6 años, con la intención de establecer la prevalencia del pie plano en ese rango de edad, y evaluar factores como la edad, el género o el peso. Para diagnosticar el pie plano se midió la posición en valgo del talón y la imagen plantar se obtuvo mediante un escáner de superficie. La prevalencia de pie plano flexible fue del 44%, y la prevalencia de pie plano patológico fue inferior al 1%. Mientras que en el grupo de 3 años el 54% tenía el pie plano, en el grupo de 6 años la cifra se redujo al 24%, presentando una disminución significativa con la edad. Respecto al IMC, en este estudio resultó que los escolares con sobrepeso y obesidad tenía una probabilidad 3 veces mayor de presentar un pie plano que los escolares con normopeso.

También en 2006, Mickle KJ et al.⁽²⁶⁾ realizaron un estudio con el objetivo de determinar si el pie plano presente en los niños obesos y con sobrepeso se podía atribuir a un mayor grosor del panículo adiposo plantar o a un descenso del arco longitudinal medial, comparado con los niños no obesos. Los datos mostraron que no había diferencias de grosor del panículo adiposo plantar entre los grupos. Sin embargo, los valores de la huella plantar mostraron un descenso significativo de la altura del arco

plantar, comparado con el grupo de niños no obesos. Concluyeron que el sobrepeso y la obesidad influían en la estructura y la anatomía del arco longitudinal del pie.

En relación a el uso de zapatos, estudios han demostrado que el pie plano está asociado con el uso de zapatos durante la infancia. En una encuesta de adultos, se encontró que los pies planos estaban presentes en el 13% de los que principalmente habían usado zapatos durante la infancia, el 8% de los que principalmente habían usado sandalias, el 5% de los que habían usado principalmente pantuflas y solo el 2% de los que en su mayoría habían andado descalzos ⁽²⁷⁾. Presuntamente, caminar descalzo durante la niñez fortalece los músculos extrínsecos e intrínsecos del pie. Estos músculos más fuertes brindan un apoyo dinámico del arco longitudinal ⁽²⁰⁾.

El desarrollo del pie plano es ciertamente multifactorial. La relación entre los huesos, los ligamentos y los músculos del pie, junto con la alineación general de la extremidad y las afecciones médicas comórbidas, desempeñan un papel en el desarrollo del pie plano ⁽²⁾.

IV.f Prevalencia e Incidencia

IV.f.1 Prevalencia.

Las estimaciones sobre la prevalencia del PPF en pediátricos son muy variables ya que existen grupos de edad muy variados, etnias y diferentes métodos de evaluación y por consiguiente resultados diferentes, que oscilan entre 0,6% y 77,9% según la revisión Cochrane ⁽²⁸⁾ sobre la evidencia de intervenciones para PPF pediátricos.

Sin embargo, dentro de estos estudios también hay una concordancia notable cuando se empareja el rango de edad como analiza Evans et al ⁽²⁸⁾ sobre 15 estudios:

Pfeiffer, Lin, Morley y Rose cada uno estudió a niños en edad preescolar (rango 2-6 años) y encontró una prevalencia similar de pie. Del mismo modo, El, Bordin, Morley y Jerosch investigó el pie plano en niños de aproximadamente 10 años (rango 8-13 años) y encontró una prevalencia similar. El amplio estudio de Rao de 2.300 niños en la India parece subestimar la prevalencia del pie plano tanto en preescolar (14,9%) como en niños mayores (2,5%); sin embargo, el uso de huellas de forma aislada para evaluar el pie plano también distingue a este estudio, al igual que la influencia del uso

del calzado. Estudios previos que buscaron la prevalencia del pie plano a lo largo de los años de la niñez informaron estimaciones de prevalencia del 2,7% al 18%⁽²⁸⁾.

Un hallazgo esencial con un gran consenso es que el pie plano pediátrico flexible es un hallazgo normal en aproximadamente la mitad o más de los niños pequeños en edad de caminar y que esta prevalencia se reduce (aproximadamente en un 50%) a medida que los niños crecen⁽²⁸⁾. El 22% de niños menores de 15 años tienen pies planos, predominan en menores de 3 años (el 60 % del total corresponde a menores de 3 años), con disminución progresiva conforme avanza la edad⁽¹⁸⁾. Aproximadamente un 25% de los pies planos flexibles se asocian a contractura del tendón de Aquiles⁽¹⁷⁾.

La presencia de pie plano pasados los ocho años de edad debe considerarse como patológica, eso no quiere decir que antes de los ocho años todos los pies planos sean fisiológicos⁽²⁹⁾. En efecto, los correlatos positivos con el aumento de los hallazgos de pie plano pediátrico incluyen género (con los niños más implicados), aumento de peso y aumento de la hipermovilidad articular generalizada. Estos parámetros epidemiológicos proporcionan una dirección útil para la evaluación clínica⁽²⁸⁾ y ayudan a definir el tratamiento justificado.

Xu L et al⁽³⁰⁾, realizaron una revisión sistemática y metaanálisis con objetivo explorar los factores de riesgo del pie plano en niños y adolescentes para proporcionar una base de referencia para estudiar el crecimiento y desarrollo del pie en niños y adolescentes. Examinaron la literatura de investigación transversal sobre el pie plano en niños y adolescentes publicada en los últimos 20 años, de 2001 a 2021, en cuatro bases de datos electrónicas. Los resultados del metaanálisis mostraron que ser hombre, tener <9 años, laxitud articular, uso de calzado deportivo, ser niño que vive en un entorno urbano y hacer menos ejercicio fueron factores de riesgo para la detección de pie plano. Se encontró que la tasa de detección de pie plano en niños en los últimos 20 años fue del 25 % a través de un metaanálisis. Entre los niños incluidos, los niños eran más propensos al pie plano que las niñas, y la proporción de pie plano disminuía con la edad.

IV.f.2 Incidencia.

La verdadera incidencia del pie plano es desconocida principalmente porque no hay acuerdo consensual en el criterio clínico o radiológico para definir un pie plano. En la

raíz de este dilema está la carencia de una definición aceptada universalmente de un arco longitudinal “normal”, en contraste con uno de “altura promedio” que en edad adulta alcanza entre 15-18 mm de altura medida desde el suelo al escafoides⁽¹⁰⁾. Tradicionalmente, un pie plano ha sido definido subjetivamente como un pie en carga con un arco longitudinal anormalmente disminuido o ausente. Esta definición está basada únicamente en la comparación de la anatomía estática de la altura del arco dentro de una población según Mosca⁽³¹⁾.

IV.g Síntomas

Mann e Inman⁽³²⁾ demostraron que los individuos con pies planos requieren una mayor actividad muscular intrínseca durante la deambulación para estabilizar el pie. Esta puede ser una explicación para el dolor muscular experimentado en el pie plano sintomático.

Otro estudio reciente de Singh et al analizó la alineación ósea rotacional en niños con pies planos flexibles. Encontraron que el aumento de la torsión tibial y el aumento de la mala alineación del retropié, medido por el ángulo pie-bimaleolar, estaban directamente correlacionados con la presencia y la gravedad del colapso del arco medial. Los pacientes con una mala alineación ósea más grave también tenían menos probabilidades de responder favorablemente a los tratamientos conservadores.

Benedetti et al ⁽³³⁾, también analizaron la alineación de las extremidades en 53 pacientes con pie plano flexible. Descubrieron que la rotación interna de la rodilla era la mala alineación más común de la extremidad en esta población, observada en el 43,6% de los pacientes. La presencia de rotación interna de la rodilla se correlacionó significativamente con la presencia de síntomas en los pies, vinculando aún más las anomalías posicionales de las extremidades con el desarrollo de pies planos sintomáticos⁽²⁾.

Pehlivan et al ⁽³⁴⁾ evaluaron el valor de la radiología para distinguir el pie plano flexible sintomático y asintomático en hombres jóvenes. Llegaron a la conclusión de que un mayor ángulo lateral talo-primer metatarsiano podría ser un factor de riesgo importante para el desarrollo de síntomas en pies planos flexibles normales.

Las formas sintomáticas del PPF producen quejas subjetivas, alteran la función y producen hallazgos significativos. Estos incluyen dolor a lo largo de la cara medial del pie; dolor en el seno del tarso, la pierna y la rodilla; disminución de la resistencia,

alteraciones de la marcha; cabeza medial del astrágalo prominente; talones en valgo y opresión del cordón del talón⁽¹⁹⁾ además de los síntomas como el dolor relacionado con la actividad, la fatiga de los músculos del pie, callos en el mediopié, y el rápido desgaste del zapato.

Teniendo en cuenta que hay una interrelación en cadena cinética cerrada de la extremidad inferior, podría inferirse cómo una afectación en el pie podría causar disfunción y síntomas en otras partes del cuerpo enmascarando alteraciones biomecánicas que, en un futuro conseguiría ser el motivo de problemas a distancia como: dolores, alteraciones funcionales, bloqueos, deformidades, crepitaciones, choques, trastornos vasculo-nerviosos y trastornos tróficos⁽³⁵⁾.

El deporte tiene una fuerte influencia en la sociedad actual. Se ha postulado que la postura del pie es un factor de riesgo de lesiones por uso excesivo; sin embargo, el vínculo entre la postura del pie y las lesiones no está claro. Gómez-Benítez M et al⁽³⁶⁾ estudiaron si los niños con pies en pronación se fatigan más después de participar en pruebas deportivas que aquellos con pies normales. Se reclutaron ciento cinco niños de 10 a 12 años (media \pm DE de edad, 10,46 \pm 0,78 años) participaron en las pruebas deportivas, que eran ejercicios de fuerza de tipo aeróbico con seis estaciones en las que cada niño permanecía durante 30 segundos. La postura del pie se evaluó mediante el FootPostureIndex y la huella plantar mediante el índice de arco y el ángulo de Clarke antes y después de los ejercicios de resistencia de tipo aeróbico. Se evaluó el cansancio percibido con la Tabla Pictorial de Evaluación del Esfuerzo Infantil (siglas en inglés *Pictorial Child Effort Review Table / PCERT*) y si hubo dolor durante o después de la actividad física. Los resultados mostraron las variables utilizadas para medir la postura del pie y el arco plantar cambiaron más en los pies en pronación, sugiriendo que los pies sufren más pronación después del ejercicio físico. Como conclusión los niños con pies en pronación mostraron más fatiga y dolor en los pies durante y/o después del ejercicio físico que aquellos con pies neutros. El tipo de pie podría ser el responsable de la falta de entusiasmo de los niños por realizar actividades saludables, y este problema podría solucionarse mediante un tratamiento ortopédico adecuado.

IV.h Anatomía Patológica

Los trastornos anatomopatológicos que se describen son comunes en todos los tipos de pie plano. Solo quedan excluidos de esta norma los pies planos secundarios a un

pie zambo hipercorregido, los cuales, por su origen, presentan ciertas características propias. Existe siempre un orden cronológico en la evolución del pie plano. Así, se dan una serie de alteraciones primarias que afectan al retropié y cuya expresión clínica es el valgo del talón y unas alteraciones secundarias que afectan al antepié ⁽¹⁾.

Gran parte de la literatura se concentra en el contacto anormal del pie con la superficie y el fracaso de la estructura del pie en el plano sagital (pérdida del arco medial). La pronación anormal es triplanar. Es habitual encontrar deformidad en los 3 planos, pero es más pronunciada en 1 plano⁽³⁷⁾. Los pies planos pueden ser de similar apariencia, aunque su forma de compensación es diferente. Para comprender estas compensaciones existe el concepto de Dominancia Planar que describe los distintos movimientos del pie en los diferentes planos. Al reconocer el plano del mayor componente de la deformidad, las opciones de tratamiento se pueden seleccionar con mayor precisión. Existen 4 tipos de PPF basados en el concepto de dominancia planar según Harris ⁽³⁸⁾:

1. La primera es la pronación del plano coronal o frontal, caracterizada por una eversión anormal del calcáneo en el plano coronal. Es difícil asignar números específicos a la eversión del calcáneo, pero más de 15° se considera excesivo (Anexo. Figura. 6).
2. La pronación en el plano transversal se caracteriza por el descubrimiento de la cabeza del astrágalo medialmente en la articulación talonavicular en ausencia de una eversión excesiva del talón. Esta condición aumenta el ángulo talocalcáneo AP y da como resultado cierto grado de abducción del antepié lateral. La eversión del calcáneo rara vez supera los 10°. Las radiografías laterales son sorprendentemente normales. Hay poca o ninguna falla de la columna medial en el plano sagital. Da la impresión de que la columna lateral es corta (Anexo. Figura7).
3. La pronación del plano sagital involucra los otros 2 planos, pero la característica definitoria es la falla de la columna medial en la articulación talonavicular, la articulación cuneoescafoidea, la primera articulación metatarsocuneiforme o en varias de estas ubicaciones. (Anexo. Figura8). La pronación triplanar muestra excesiva eversión del talón, descubrimiento de la cabeza del astrágalo en el plano transversal y colapso de la columna medial sin dominancia real en ninguno de los planos. (Anexo. Figura9).

IV.i Diagnóstico

En cuanto a el diagnóstico del PPF sintomático en la infancia, no existe un consenso sobre cuáles son las mejores herramientas diagnósticas para este morfotipo de pie. Por otra parte, la mayoría de los intentos de clasificación o definición del PP se han centrado en tres aspectos: la altura del arco, el ángulo de eversión del talón y si la estructura del PP es rígida o flexible. Asimismo, la mayoría de las evaluaciones consisten en análisis de huellas, radiografías y observación visual.

El diagnóstico consiste primeramente en la anamnesis donde obtengan aspectos importantes de la historia del niño/a como la edad, antecedentes de pie plano en la familia, enfermedades asociadas; presencia o ausencia de síntomas como dolor en el pie, piernas, rodillas o síntomas posturales, antecedentes traumáticos, nivel de actividad, obesidad, trastornos neuromusculares; anomalías estructurales por encima del nivel del tobillo como por ejemplo valgo de tobillo, varo de tibia, genu valgo, torsión tibial, anteversión femoral, discrepancias de longitud de las extremidades y tratamientos previos. Por lo cual, esto podrá influir en la historia natural como en la gravedad de los síntomas⁽¹⁹⁾.

La exploración clínica comprende la el examen físico observacional principalmente del arco longitudinal interno, el ángulo del talón y flexibilidad del pie para lograr la clasificación del pie plano.

IV.i.1 Exploración Clínica

La valoración del pie se basa en medidas de parámetros morfológicos, normalmente en bipedestación, y en algunos casos durante la marcha. Los métodos de clasificación del tipo de pie basados en la morfología se pueden dividir en diferentes categorías: inspección visual no cuantitativa y cuantitativa, exploración goniométrica y pruebas de imagen.

El aspecto del pie al soportar y no soportar peso sugiere la presencia y el tipo de deformidad del pie plano. El examen clínico del pie comienza con la inspección sin

carga de peso. (A) El pie plano flexible pediátrico muestra la preservación del arco medial sin soporte de peso, mientras que (B) el arco se deprime o aplana con el soporte de peso.



Imágenes A, B, C, D, E y F extraídas de la Guía de Práctica Clínica⁽¹⁹⁾.

(C) La posición de apoyo relajada del calcáneo se ve desde la parte posterior. Los talones pueden evertirse y el tendón de Aquiles se dobla lateralmente (signo de Helbing positivo).



(D) La dorsiflexión del tobillo se evalúa durante la exploración, porque el equinismo es un componente frecuente o un factor etiológico de las patologías del pie plano.

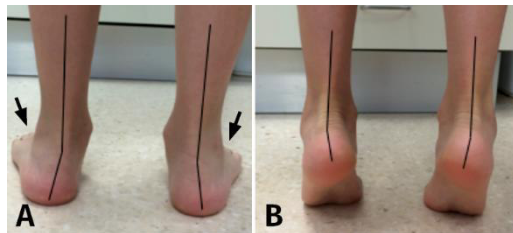


La evaluación del pie plano requiere la valoración de la dorsiflexión y la plantarflexión del tobillo (con la rodilla extendida y flexionada) y los rangos de movimiento del retropié, el mediopié y el antepié. También se evalúa la relación entre el antepié y el retropié. El pie plano pediátrico puede presentar sensibilidad a lo largo de la columna

medial y en las cabezas de los metatarsos, la fascia plantar, el seno del tarso y el tobillo⁽¹⁹⁾.

Las observaciones y maniobras diagnósticas incluyen:

Test Doble / Single HeelRise (HRT/ HST) o Test de puntillas: La falta de corrección en varo al colocarse el paciente de puntillas con los dos pies (doble), y luego con cada



uno de ellos (single) en dirección tangencial al suelo y sin sujetarse, puede observarse en pies con sinostosis óseas, artrosis u otras lesiones que limitan la función de la articulación, como la lesión del tibial posterior. La ventaja es que es capaz de diferenciar un pie plano rígido de un pie plano flexible. (Figura. 10)

Figura 10. Test Doble HeelRise Test.

Test de Jack: Descrito por Ewen A. Jack en 1953. El paciente en carga y repartiendo el peso por igual a cada pie, se realiza flexión dorsal forzada, desde la falange proximal de la articulación metatarsofalángica del hallux (Figura11). En condiciones normales, esta maniobra devuelve la forma del arco, restableciendo el eje astrágalo-escafoides-primera cuña, rotación externa de la tibia y varizando el calcáneo.

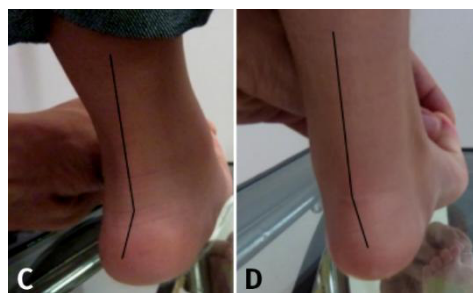


Figura 11. Test de Jack.⁽³⁹⁾

Toomeny toes o “signo de muchos dedos”: Al mirar los pies por detrás del paciente aparecen más dedos en el lado externo del pie (Figura 12). Este signo resulta positivo por el valgo del retropié y la abducción del antepié.



Figura 12. Signo de muchos dedos.

Ángulo de talón o aquileo-calcáneo: Valora el alineamiento pierna-talón. Paciente en decúbito prono con los pies fuera de la camilla. Con un marcador demográfico se marcan dos puntos separados 5 cm a lo largo del tendón de Aquiles. De igual modo, se marca su punto de inserción en el calcáneo y otro punto a 1 cm más abajo. A continuación, se trazan dos líneas: una que une los puntos aquileos y otra los puntos sobre el calcáneo, y se halla el ángulo que forma su intersección cuando la articulación subastragalina está en posición neutra. Cuando ambas líneas son paralelas o manifiestan un ligero varo (entre 2° y 8°) el alineamiento se considera normal (Figura 13). Cifras superiores con el talón invertido corresponden a un retropié en varo; si el talón este evertido, trata de un retropié valgo⁽⁴⁰⁾.



Figura 13. Ángulo talón-calcáneo.

Línea de Feiss: Determina el grado de aplanamiento de la bóveda plantar. Paciente en decúbito supino. Examinador de pie, frente al arco medial del pie. Se realiza una marca con marcador demográfico el ápex del maléolo tibial y la cara medial de la primera articulación metatarsofalángica, uniendo estos dos puntos con una línea; todo ello en carga. Posteriormente, se marca la tuberosidad del escafoides (Figura 14). En situación de carga, marca escafoidea debe encontrarse en la línea trazada o muy cerca de ella. Si la tuberosidad cae un tercio de la distancia entre la línea trazada y el suelo, se trata de un pie plano de 1° grado; si cae dos tercios sería un 2° grado, y si

reposa sobre el suelo de 3° grado. Para su estudio los pies deben situarse ligeramente separados, unos 10 cm. ⁽⁴⁰⁾.

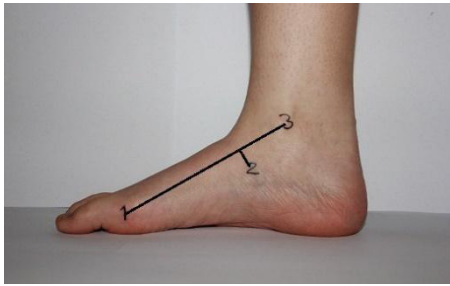


Figura 14. Línea de Feiss ⁽⁴¹⁾.

Prueba de posición neutra del astrágalo: Valora la alineación del antepié- retropié. Paciente en decúbito supino, con los pies fuera de la camilla. El examinador mantiene con una mano la articulación subastragalina en posición neutra, al tiempo que lleva las articulaciones mediotarsianas a máxima pronación. Aquí se observa la relación entre el eje vertical del talón y el plano de las cabezas de los metatarsianos medios 2°, 3° y 4°, que normalmente son paralelos entre sí. Al realizar la maniobra, se observa la varización del retropié y la supinación del antepié (Figura 15). Bloqueamos el retropié y valoramos la reductibilidad del antepié con maniobra de pronación ⁽³⁹⁾. Si el lado medial del pie está elevado, se trata de un antepié varo. Si el lado lateral del pie está elevado trata de un antepié valgo ⁽⁴⁰⁾.

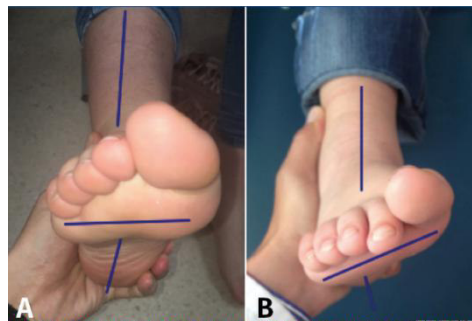


Figura 15. Prueba de alineación antepié-retropié ⁽³⁹⁾.

Navicular Drop Test (NDT): En cuanto a la movilidad del pie, un test habitual en la práctica clínica y en investigación es el test de caída del navicular. Propuesto por Brody en 1982 para evaluar la pronación del pie, se define como la diferencia en la posición (altura) de la tuberosidad del navicular en el plano sagital entre una postura neutralizada y relajada del pie ⁽⁴²⁾. Este test clínico mide la altura del escafoides respecto al suelo (Figura 16). Los valores de referencia son entre 8 y 10 milímetros, fuera de estos valores se considera patológico. Normalmente el pie plano flexible supera el 1,5 cm. Algunos investigadores han sugerido que valores superiores a 10

mm de caída del navicular están relacionados con un aumento de estrés de tejidos, produciendo lesiones músculo-esqueléticas, y debilidad muscular.



Figura 16. Navicular Drop Test.

Navicular Drift Test: Para complementar el navicular drop test se describió el test de deslizamiento del navicular (Navicular Drift Test), que valora el desplazamiento de la tuberosidad del navicular en el plano transversal (Figura 17), mediante una hoja de papel situada en el suelo. También en este caso se valora la diferencia entre el pie relajado y neutralizado.



Figura 17. Navicular Drift Test⁽⁴³⁾.

Por otra parte, las huellas se han utilizado en varias poblaciones para evaluar la postura del pie, los efectos de la intervención ortopédica y especialmente en el estudio de la pisada⁽²⁸⁾. La postura del pie se puede definir como la forma que adopta este en posición estática, y su movilidad como la diferencia en una postura entre carga y descarga.

Una de las características del pie que se ha utilizado tradicional y actualmente por su relación con el riesgo de sufrir lesiones es su aplanamiento o altura del arco. Existen multitud de pruebas para caracterizar la postura del pie, con distintos niveles de fiabilidad y validez. Las escalas e índices que se utilizan con frecuencia para evaluar el pie plano pediátrico, aunque no todos se han desarrollado en pediátricos, se basan en huellas u observaciones visuales. Concretamente, ValgusIndex o Índice de Valgo,

Rose 1985; TheArchIndex o Índice de Arco (IA), Cavanagh 1987; StaheliArchIndex o Índice de arco Staheli, Staheli 1987; Visual Assessment o Evaluación visual, Dahle 1991; Índice Chippaux-Smirak, Forriol 1990; FootPostureIndex o Índice de Postura del Pie, Redmond 2006 y p-FFP o Proforma de Pie Plano pediátrico, Evans 2009.

El IA, descrito por Cavanagh y Rodgers (1987)⁽⁴⁴⁾, es una medida útil y un predictor válido de la altura del arco interno del pie. Según otros autores, es uno de los parámetros de la huella plantar más citados en la literatura. Además, demuestran que, comparado con el resto de mediciones que usan, es el que proporciona menos casos de pies sin clasificar.

El IA está definido como la proporción entre las áreas de contacto de las diferentes partes de la huella plantar excluyendo los dedos. La huella se toma con tinta forense transparente y papel de recubrimiento. Para dividir el pie en tres partes iguales se tiene que tomar primero el eje axial del pie, que es una línea que va desde el centro del talón hasta lo más alto del segundo dedo. Se marca el contorno de la huella, excluyendo los dedos. Luego se divide en tercios iguales por líneas paralelas que son perpendiculares al eje axial. El IA se calcula como la relación entre el área del mediopié (B) y el área de todo el pie, excluyendo los dedos (A+B+C)⁽⁴⁴⁾(Figura18).

$$IA = \frac{B}{A + B + C}$$

Ecuación 1: ecuación para hallar el Índice del Arco (Cavanagh y Rodgers, 1987)⁽⁴⁴⁾.

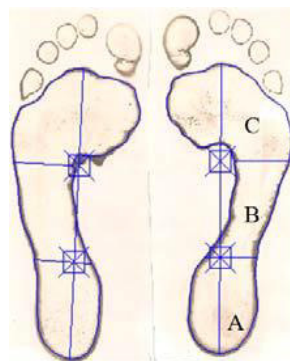


Figura18. Medición del índice del Arco.

Así, se obtienen los siguientes valores que determinan el tipo de pie según los centímetros cuadrados (Ecuación 1):

- Pie cavo se considera cuando $IA \gg 0,21$
- Pie normal está comprendido entre $0,21 < IA < 0,26$

-Pie plano se considera cuando IA e» 0,26.

Una de las escalas, de las más habituales por la escasa infraestructura necesaria y su fiabilidad (de más del 80 %), entre otros motivos, es el FootPostureIndex (FPI-6 por su traducción al español como índice postural del pie), una medida global de la supinación o pronación del pie en posición estática. Consta de seis criterios específicos: palpación de la cabeza del astrágalo, posición del calcáneo en plano frontal, curvatura maleolar supra e infralateral, prominencia del sustentaculum tali, congruencia del ALI, abducción/aducción del antepié sobre el retropié. El FPI-6 es una versión ampliada de la escala de evaluación visual del tipo de pie desarrollada por Dahle, que constaba de cinco criterios similares.

En la práctica clínica, durante muchos años se han clasificado los pies en planos, neutros o cavos en función de la altura del ALI a través de la observación directa (antropometría) o mediante la huella plantar, con la ayuda de un podoscopio, o una plataforma de presiones, aunque se debe tener en cuenta que no representan la misma información.

Además de la posición que ocupan los huesos en el espacio, que determina la postura del pie, su exploración física se complementa con la valoración clínica y manual de su grado de movilidad o rigidez. Una forma de cuantificar la movilidad del pie es calculando la diferencia que presenta un valor de postura del pie entre carga y descarga, o entre el pie relajado y neutralizado⁽⁴²⁾.

Las plataformas de fuerza han sido el instrumento más usado para el análisis cinético de la marcha, estas se componen de transductores tridimensionales de fuerza de reacción vertical, antero-posterior y medio-lateral ⁽⁴⁵⁾ ⁽⁴⁶⁾. La principal ventaja de las plataformas es la posibilidad de obtener todas las direcciones de las fuerzas de reacción. Como desventaja se encuentra que no dan información sobre la distribución de la carga ⁽⁴⁷⁾.

Actualmente, los sistemas de medición de presiones cuentan con sensores electromecánicos que miden la fuerza aplicada en una superficie conocida. Estos sistemas proporcionan valores altamente confiables, variando en función de la región del pie y de los parámetros investigados. A estos sistemas se les denomina baropodómetros y se emplean en diferentes configuraciones, entre ellas las plataformas de distribución de presiones o baropodométricas y las plantillas de

instrumentación. El patrón baropodométrico aporta información sobre la capacidad de los pacientes para soportar y transferir la masa del cuerpo durante la marcha⁽⁴⁷⁾.

Las plantillas instrumentadas son un sistema diseñado para registrar de manera dinámica la distribución de las presiones entre la planta del pie y la órtesis plantar (plantilla) o el calzado⁽⁴⁸⁾. Las plataformas baropodométricas permiten identificar el tipo de distribuciones plantares cuando los pies se ven sometidos a la presión del cuerpo⁽⁴⁹⁾, aquí es importante el pie desnudo. Algunas están compuestas de hardware (sensores resistivos dispuestos en una matriz dividida en varias plataformas, otras tienen sensores capacitivos o piezo eléctricos) y software (interfaz con el usuario para la realización de las medidas y análisis de las mismas).

La baropodometría es ampliamente utilizada para identificar diversas patologías, tanto en los pies, como en la postura y el equilibrio^{(45)- (47)}. Además de implementarse como medio de diagnóstico, también se recurre a ella en la valoración de la evolución del tratamiento en un paciente o para el diseño y evaluación de ortesis⁽⁴⁷⁾.

Otro instrumento de visualización de la huella plantar y ejes de los pies es el podoscopio o podómetro que consta de un sistema de espejos que reflejan la imagen de las zonas de apoyo de la planta del pie sobre un cristal, con el sujeto de estudio en bipedestación. Las regiones que más se apoyan sobre el cristal presentan una coloración más pálida con respecto a las sometidas a una carga menor⁽⁵⁰⁾. Este equipo no es costoso, pero solo entrega información cuantitativa, lo que resta precisión a las medidas y arroja resultados con menor grado de confiabilidad.

Desde la inspección visual, otros hallazgos físicos son la obesidad, el varo de la tibia, el genu valgo, la torsión tibial, la torsión femoral, los trastornos del tono muscular y la laxitud ligamentosa que pueden modificar tanto la historia natural como la gravedad del pie plano⁽⁵⁾. Los hallazgos físicos pueden incluir una estructura de arco baja, eversión del retropié, prominencia de la cabeza del astrágalo medial, alteración de la marcha y presencia de callosidades⁽³³⁾.

Otro hallazgo físico es la anteversión femoral que se define como la rotación interna de la cadera, causa principal de la desviación de los dedos hacia la línea media en los niños. La anteversión es cercana 45° al momento del nacimiento y disminuye poco a poco hasta ser de 15 grados a la edad de 8 años⁽⁹⁾. La presencia de cualquier patrón torsional fuera de los límites de la normalidad en la población infantil con pie plano debe considerarse como un factor muy importante a tener en cuenta, ya que su alta incidencia se relaciona con pies planos infantiles con una evolución no fisiológica⁽²⁹⁾.

Por otra parte, si el miembro inferior presenta ángulos anormales en el fémur y la tibia el pie estará en pronación porque la línea de gravedad cae por dentro de la línea media normal y somete al arco longitudinal a esfuerzo excesivo. Los niños con genu valgo son aquellos en que el centro de gravedad se ha desplazado de modo que hace que el pie soporte peso en su borde interno, con lo que surge el plano⁽⁹⁾. En bipedestación, el niño tiene los pies en eversión y rotación externa, situándose el eje de la pierna por dentro del dedo gordo. Con frecuencia, durante la deambulación el niño desvía el pie hacia dentro, realizando una marcha en rotación interna que tiene un carácter compensador y que a los 9 años de edad puede verse favorecida por el aumento fisiológico de la anteversión del cuello femoral⁽¹⁾.

En relación a la observación de la marcha debe realizarse cuando el niño está descalzo y lleva zapatos. La marcha debe evaluarse en función de la prominencia del borde medial del mediopié, el ángulo de progresión del pie, la eversión del calcáneo (pronación y supinación durante la fase de apoyo), el contacto talón-punta, la posición de la rodilla y la presencia de claudicación⁽¹⁹⁾.

IV.i.2 Exploración Complementaria

En caso de pie plano flexible asintomático, no está justificado el estudio radiológico. En los casos sintomáticos o de duda diagnóstica, se debe solicitar inicialmente una radiografía dorsoplantar y lateral de ambos pies en carga⁽³⁹⁾.

Las opciones de diagnóstico por imagen pueden incluir radiografías (con peso), tomografía computarizada, resonancia magnética (RM) y gammagrafía ósea. Los estudios serológicos pueden estar justificados para diferenciar los síntomas mecánicos o de sobrecarga de la artralgia, la artritis y otras enfermedades inflamatorias infantiles⁽¹⁹⁾.

La radiología tiene un papel histórico en el diagnóstico y tratamiento del pie plano. Algunos estudios se basaron en gran medida en esta forma de imagen⁽¹⁹⁾.

El diagnóstico radiográfico con RX dorsoplantar en carga⁽³⁹⁾ (Anexo. Figura 19):

- Ángulo astrágalo-calcáneo (AC) o de Kite (normal entre 20 y 30°): su aumento es el reflejo de la divergencia AC aumentada en el PP de componente subtalar.
- Ángulo entre el borde lateral del calcáneo y el eje longitudinal del quinto metatarsiano (C5M): su alteración se correlaciona con la abducción del antepié, siendo su valor normal 0°.

- Ángulo entre el eje del astrágalo y el eje del primer metatarsiano (valores normales de 0 a 5°).

Este ángulo es útil para determinar el componente de metatarso aducto. Asociado a una divergencia AC aumentada, orienta a un pie en serpentina o en Z.

- Se valora la cobertura talonavicular (ACTN) con el ángulo de descubertura TN (valores normales de 10°) o con el porcentaje de descubertura de la cabeza del astrágalo (si > 40%, indica deformidad en abducción severa).

Radiografía lateral del pie en carga⁽³⁹⁾:(Anexo. Figura 20)

- Ángulo de Costa-Bartani: mide el arco longitudinal medial y está definido por 2 líneas que unen respectivamente los puntos más bajos del calcáneo, el astrágalo y la cabeza del primer metatarsiano, siendo normal entre 125 y 135°. Aumentado en PP, es una medida del aplanamiento del arco interno.
- Ángulo de Meary (ángulo lateral del astrágalo- primer metatarsiano/ AM): su valor normal es entre 0 y 10°. Este ángulo también es una medida del aplanamiento del arco interno y está alterado en los diferentes patrones de pie plano (media de 35°).
- Ángulo de inclinación del calcáneo (Calcaneal pitch angle / AIC): es normal entre 20 y 30°. Está disminuido en todos los patrones de pie plano, excepto en el patrón de pie plano cavo, que está aumentado.

Para determinar el patrón anatómico del pie plano, se valora en la radiografía lateral en carga dónde está el vértice de la deformidad mediante los siguientes ángulos (Anexo. Figura 21):

- Ángulo entre el eje longitudinal del astrágalo y la superficie articular navicular (normal: 90°).
- Ángulo entre las superficies articulares del navicular y la superficie articular distal del primer cuneiforme (N1C) (normal: 0°).
- Ángulo entre los puntos inferiores del calcáneo y el 5° metatarsiano (normal: 160°).

IV.j Exploración de la Marcha, El Pie Durante la Marcha.

En el siguiente apartado se desarrollarán conceptos fundamentales para la descripción, por un lado, de la marcha humana normal y por otro, de cómo se desarrolla

la marcha en los niños. Estos fundamentos orientan a la comprensión de la función del tobillo y pie.

Se define a la locomoción como el desplazamiento del cuerpo de un punto a otro y comienza cuando las fuerzas de gravedad e inercia, y del suelo interaccionan, según resultan afectadas por la contracción de los músculos que actúan en el miembro inferior⁽⁹⁾, por lo tanto, la marcha humana es por consiguiente una forma de locomoción dado que el hombre erecto en movimiento es soportado de manera alternada por ambas extremidades inferiores⁽⁵¹⁾.

El desarrollo de la marcha humana, requiere de un aprendizaje previo que puede observarse en un niño con los intentos que realiza antes de llegar a caminar. Estos intentos de marcha se desarrollan en fases consecutivas: a los 8 meses de edad si le dan las manos el niño se mantiene de pie unos instantes, se mantiene de pie espontáneamente si tiene un lugar donde sujetarse a los 10 meses, al año si le dan las dos manos consigue caminar y camina sólo luego a los 14-15 meses de edad. El niño sucesivamente está experimentando con su sistema neuro-musculo-esquelético, desarrollando nuevas capacidades motrices, hasta alcanzar un verdadero control neural a los 7-9 años, permitiéndole la forma de marcha que un individuo mantiene a la edad adulta⁽⁵¹⁾⁽⁵²⁾.

El hombre intenta mantener su centro de gravedad moviéndose en una línea horizontal recta durante la locomoción. Este se localiza justo por delante de la segunda vértebra sacra, en el punto medio entre las dos articulaciones coxofemorales⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾. La pierna que soporta el peso es la de "apoyo", y siempre debe estar en contacto con el suelo mientras que el miembro en "balanceo" es el que se mueve para restablecer el equilibrio⁽⁹⁾.

La marcha humana posee ciertas características para que sea considerada normal; la estabilidad en el apoyo; el paso libre en el balanceo; preparación del pie para el contacto; la longitud de paso definida como la distancia entre ambos pies cuando contactan con el suelo y medida en centímetros⁽⁵¹⁾ y la conservación de la energía.

Los diferentes conceptos ayudan a describir la marcha. Se define según Viladot⁽⁵¹⁾:

- Velocidad de marcha, como la distancia que recorre el cuerpo hacia delante en la unidad de tiempo. Se mide en centímetros o metros por segundo. Está en relación con la longitud de las extremidades inferiores.
- Cadencia de la marcha. Es el número de ciclos o pasos por unidad de tiempo. Se mide en ciclos o pasos por minuto o pasos por segundo. Lo normal son

alrededor de 115 pasos por minuto. Aumenta con el uso del taco alto y en el niño.

- Longitud del ciclo. Distancia entre dos choques consecutivos de talón de un mismo pie. Se mide en metros o centímetros.
- Longitud del paso. Distancia entre ambos pies cuando contactan con el suelo. Se mide en centímetros. Disminuye con el taco alto.
- Período de apoyo. Parte del ciclo en que el pie contacta con el suelo. Se mide en segundos.
- Período de oscilación. Parte del ciclo en que el pie no contacta con el suelo. Se mide en segundos.
- Doble apoyo. Parte del ciclo en que ambos pies contactan simultáneamente con el suelo. Se mide en segundos.
- Apoyo unilateral. Un solo pie está en contacto con el suelo. Se mide en segundos.
- Choque del talón. Momento en que el talón contacta con el suelo. Marca el principio y el final del ciclo.
- Despegue del dedo gordo. Momento en que el dedo gordo deja de contactar con el suelo. Marca el final del período de apoyo y el principio del período de oscilación.

Hay diferentes términos para un mismo concepto; oscilación o balanceo según el autor.

IV.j.1 *Ciclo de la marcha*

Ciclo de marcha es el intervalo comprendido entre dos contactos de talón sucesivos de un mismo pie con el suelo. Un ciclo consta, entonces, de dos pasos y se mide en segundos⁽⁵¹⁾.

Se divide la marcha en una fase de "apoyo", en que la pierna soporta peso, y una fase de "oscilación o balanceo", en el que la pierna contralateral se mueve a otro punto de contacto^{(9) (51)}. La pierna de apoyo que permanece por detrás del centro de gravedad, ayuda a impulsar el cuerpo hacia delante. Le pertenece a la fase de apoyo casi el 60% de la duración del *ciclo de la marcha*, que comienza con el contacto del talón en el suelo hasta el despegue de los dedos y termina después de la fase de balanceo, con un nuevo contacto de talón⁽⁹⁾, por otra parte, a la fase de oscilación o balanceo le

corresponde el 40% del ciclo, período entre el despegue de los dedos y el nuevo contacto de talón (Anexo. Figura 22).

Los dos pies están en contacto con el suelo, y ambas piernas en la fase de apoyo, durante el 10% inicial y final de la fase de apoyo. Una vez transcurrido el 10% inicial, una de las piernas se encuentra en su fase de balanceo y el cuerpo se apoya en un solo miembro. El talón del pie de apoyo se encuentra en contacto con el suelo en 0%, pero al llegar al 7% todo el pie se apoya contra el suelo. El ciclo de la marcha es bastante rápido, ya que esta fase apoyo de las dos piernas equivale el 12% de el, punto en el que la otra pierna entra en la fase de balanceo, que dura hasta 50% del ciclo y evidentemente es una fase de apoyo en una pierna y balanceo en otra, mientras que el otro miembro entra en fase de apoyo en una pierna⁽⁹⁾.

IV.j.2 *Tiempos de la marcha*

En el estudio de la marcha humana normal aparecen elementos comunes. La cinemática es parte de la mecánica que trata la dinámica del movimiento en sus condiciones de espacio y tiempo, sin tener en cuenta las causas que lo producen, por lo tanto, el estudio de la marcha humana normal los elementos comunes que se describen hacen referencia a los cuatro tiempos de la marcha:

a) Primer doble apoyo; b) Primer apoyo unilateral; c) Segundo doble apoyo y d) Segundo apoyo unilateral.

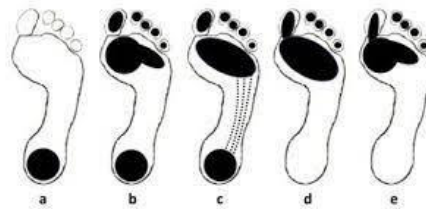
Se realiza la transmisión del peso de una pierna a la otra, durante los períodos de doble apoyo. Se denomina doble apoyo posterior o de empuje cuando el pie tomado como referencia está ubicado hacia posterior. En esta posición el pie, que apoya su parte anterior, está acelerando el cuerpo hacia delante. Se denomina doble apoyo anterior o de frenado cuando el pie tomado como referencia está ubicado hacia anterior. En esta posición el pie, apoyado por el talón, está frenando la aceleración del cuerpo hacia delante⁽⁵¹⁾.

IV.j.2.a *Fases de apoyo plantar*

Las huellas plantares ilustran el desarrollo del paso. La sucesión de huellas permite definir la marcha y determinar sus características. En un trayecto recto R: el paso

completo P se determina por la separación entre las huellas del mismo pie; un medio paso d-i se mide la huella del pie derecho y huella del pie izquierdo. (Anexo. Figura 23) El eje de cada huella plantar forma un ángulo de 15° abierto hacia afuera en correlación al trayecto. La separación de las huellas A es normalmente entre 10 a 15 cm.⁽¹⁰⁾.

El pie se apoya en cinco fases sucesivas (Figura 24): a) choque del talón; b) apoyo del talón y antepié; c) apoyo del talón, antepié y apoyo fugaz del borde externo; d) apoyo del antepié, se prolonga el segundo impulso motor de los dedos exclusivamente del lado interno por la orientación en eversión del antepié y e) despegue del antepié



finalizando por el dedo gordo^{(10) (51)}.

Figura 24. Fases de apoyo plantar⁽⁵¹⁾.

IV.j.2.b La cinemática

En la contextura de la marcha y el desplazamiento del centro de gravedad, la coordinación de los movimientos de la pelvis, cadera, rodilla, tobillo y pie es esencial para lograr una curva sinusoidal que minimice el gasto de energía⁽¹⁰⁾. Los movimientos en los tres planos del espacio contribuyen a este proceso.

Pelvis: - En el plano horizontal, la pelvis realiza una rotación interna al despegar el pie y una rotación externa al tocar el suelo.

- En el plano frontal, la pelvis se inclina hacia el lado de la pierna oscilante.

- En el plano sagital, la pelvis bascula hacia adelante y hacia atrás, siguiendo un rango de 18° a 25° en función de la velocidad.

Cadera: - En el plano sagital, la cadera realiza movimientos de flexión-extensión. Comienza con 45° de flexión, extendiéndose hasta el choque de la pierna contraria y volviendo a flexionarse para iniciar el ciclo.

Rodilla: -Experimenta movimientos de flexión y extensión, ligados a la rotación de la extremidad y coordinados con la marcha.

-Se flexiona al inicio del ciclo, llega a 10° cuando el pie toca el suelo y se extiende durante la fase de apoyo.

-Flexiona nuevamente en la fase de oscilación, alcanzando aproximadamente 65° , y se extiende nuevamente al final del período de apoyo.

Tobillo: - Al inicio de la marcha, el tobillo está en flexión plantar, pasando a flexión dorsal cuando el talón se despega del suelo.

- Durante el período de oscilación, el tobillo realiza una dorsiflexión.

-Durante el período de apoyo, experimenta flexión plantar hasta 13° , impulsando la extremidad hacia adelante.

Rotación de la extremidad inferior: - La pelvis, fémur y tibia realizan rotación interna al despegar el pie y rotación externa durante la fase de apoyo.

- La cadera y rodilla también participan en esta rotación 7° y 12° respectivamente.

- El pie experimenta rotación interna y externa en respuesta a la flexión plantar y dorsal del tobillo.

Movimiento en el pie: - La rotación de la tibia se transmite al pie, influyendo en la inversión (supinación) y eversión (pronación) del calcáneo y antepié.

- Al tocar el suelo, el talón muestra valgo y el antepié prona, y al despegarse, el talón muestra varo y el antepié supina.

La marcha implica una serie de movimientos coordinados en la pelvis, cadera, rodilla, tobillo y pie en los tres planos del espacio. Estos movimientos contribuyen a una marcha eficiente, amortiguando el impacto y propulsando el cuerpo hacia adelante mientras se mantiene el equilibrio y se minimiza el consumo de energía.

IV.j.2.c La cinética

La cinética en la marcha se refiere al estudio de las fuerzas y los momentos que actúan sobre el cuerpo humano durante el proceso de caminar. La cinética en la marcha implica considerar aspectos como:

1. Fuerzas aplicadas: Se analizan las fuerzas que se aplican al cuerpo durante cada fase del ciclo de la marcha, desde el contacto inicial del pie con el suelo hasta el despegue del mismo. Estas fuerzas incluyen la fuerza de reacción del suelo, fuerza de reacción vertical, fuerza de reacción longitudinal, fuerza de reacción lateral, y al mismo tiempo el pie ejerce sobre el suelo una fuerza de torsión, que es la traducción del movimiento de rotación de la extremidad inferior durante la marcha⁽⁵¹⁾.

2. Momentos: Los momentos, o momentos de fuerza, son giros o rotaciones causados por las fuerzas aplicadas en diferentes puntos del cuerpo.

3. Distribución de la carga: Se investiga cómo se distribuye el peso del cuerpo entre las diferentes partes del pie durante el ciclo de la marcha.

4. Interacciones biomecánicas: La cinética de la marcha también considera cómo las diferentes partes del cuerpo interactúan entre sí durante el proceso de caminar. Esto incluye cómo los músculos y las articulaciones trabajan juntos para generar movimiento y mantener el equilibrio.

5. Fuerzas internas: Además de las fuerzas externas que provienen del suelo, también se analizan las fuerzas internas generadas por los músculos y los tendones del cuerpo.

En el ciclo de marcha, diferentes grupos musculares actúan en distintas fases para proporcionar estabilidad, movimiento y propulsión⁽⁵¹⁾. A continuación, se presentan los grupos musculares y sus acciones durante cada fase:

Fase de apoyo inicial:

Abductores de la cadera (glúteos medio y menor): Actúan para el control de la pelvis hacia el lado de la caída de la pierna oscilante.

Tensor de la fascia lata: Ayuda a estabilizar la cadera y evitar el desplazamiento del tracto iliotibial.

Glúteo mayor: Estabiliza la cadera en el momento del contacto de la extremidad con el suelo.

Fase media de apoyo:

Abductores de la cadera: Continúan actuando para mantener la estabilidad de la pelvis y la cadera.

Cuádriceps: Ayuda a estabilizar la rodilla ya flexionarla contra la resistencia muscular.

Isquiotibiales y bíceps femoral: Comienzan a actuar para frenar la aceleración de la pierna hacia adelante y apoyar la extensión de la cadera.

Fase final de apoyo:

Abductores de la cadera: Siguen contribuyendo a la estabilidad de la pelvis y la cadera.

Cuádriceps: Continúa estabilizando la rodilla y apoyando su flexión controlada.

Isquiotibiales y bíceps femoral: Ayudan a extender la cadera.

Fase de oscilación inicial:

Psoas ilíaco: Se contrae para flexionar la cadera y propulsar la extremidad hacia adelante.

Tensor de la fascia lata: Se contrae para evitar el desplazamiento posterior del tracto iliotibial y estabilizar la cadera.

Aductores: Se contraen para cortar la extremidad y comenzar el movimiento hacia adelante.

Fase de balanceo:

Tríceps sural: Contribuye a elevar el talón y propulsar la extremidad hacia adelante.

Tibial anterior y extensores de los dedos: Actúan en el choque del talón para amortiguar la flexión plantar del pie.

Aductores: Pueden volver a actuar para estabilizar la extremidad en preparación para el próximo ciclo.

Fase de oscilación del terminal:

Isquiotibiales y bíceps femoral: Mantienen su acción para desacelerar la pierna y apoyar la extensión de la cadera.

Tríceps sural: Limita el avance pasivo de la tibia y estabiliza la rodilla mientras el cuerpo se propulsa hacia adelante.

IV.k Características De La Marcha Infantil

Aproximadamente hacia los 12 meses de edad, el niño físicamente sano suele alcanzar la independencia en la posición bípeda. Esto lo capacita, a través de la práctica, para la deambulación como principal medio de locomoción. Su estructura ósea, la movilidad articular y la alineación de los diferentes segmentos de las extremidades inferiores experimentan un cambio fisiológico progresivo desde el nacimiento, que indudablemente influirá en desarrollar la destreza para la marcha autónoma. Por tanto, el aprendizaje, la maduración y la configuración de los huesos contribuirán al desarrollo de un paso maduro. Desde que el niño empieza a dar sus primeros pasos hasta la edad de 7 años se pueden observar unos cambios en la marcha⁽⁵²⁾.

Los rasgos posturales del paso inmaduro en el niño, como refiere Macias Merlo et al. se demuestran como:

“La pelvis se inclina hacia delante con limitación de la movilidad para la extensión a nivel de la columna lumbar; por ello, se observa una inclinación anterior del tronco con los brazos en elevación y retropulsión. La inclinación pélvica es el mecanismo importante para el mantenimiento del equilibrio del niño que está creciendo. Esta inclinación facilita el ajuste de la distribución de peso del cuerpo sobre el centro de gravedad cuando se alteran, con el crecimiento, las proporciones del cuerpo. La columna lumbar crece rápidamente en los primeros años de vida; así, la hiperextensión lumbar a esta edad es la principal influencia el aumento de la lordosis lumbar... Cuando un niño aprende a caminar por primera vez, la base de sustentación es muy amplia con una lordosis lumbar exagerada.

El genu varo está presente con frecuencia⁽⁵³⁾. La flexión de la cadera es una característica de alineamiento postural a esta edad. A los 24 meses, esta flexión de cadera se habrá reducido a 3 grados, ya que el glúteo mayor está activo durante la mayor parte de la postura bípeda y este músculo aplica una fuerza de torsión externa al fémur.

La abducción se debe al aumento de la base de sustentación, al mismo tiempo que existe rotación externa de cadera (cabeza y cuello femoral en anteversión)⁽⁵²⁾. La posición más común es una orientación anterior y los pacientes con anteversión femoral suelen presentarse entre los 4 y los 6 años de edad según Staheli. El aumento de la rotación interna (hasta 90°) frente a la rotación externa de la cadera es una indicación de anteversión femoral. Diversos autores refieren que el niño camina y corre

con las rótulas apuntando una hacia la otra (rótulas entrecerradas), y tendrá una fuerte tendencia a sentarse en posición de "W"⁽⁵³⁾.

El pie está abducido, manteniendo rotación externa de la cadera y pronación en carga; esto beneficia estabilidad posicional en el plano frontal. La pronación fisiológica del pie encarga a esta edad está favorecida por la base de sustentación amplia, por la postura en rotación externa, anteversión femoral, eversión de la superficie de contacto tibial y cuerpo del astrágalo, ligamentos aún débiles ⁽⁵²⁾ ⁽⁵³⁾.

Con la práctica, se desarrolla el control de la movilidad del pie en los tres planos: la articulación del tobillo, subastragalina y la mediotarsiana. Los pies en abducción hacen que cargue más con el antepié que con el borde lateral durante el cambio lateral en el paso. Los flexores plantares del tobillo también contribuyen a mantener el equilibrio.

Los dedos en garra también suelen ser una característica frecuente en la búsqueda de estabilidad en bipedestación. Los pasos son cortos en longitud, esto suele deberse a la falta de fuerza y de control de la musculatura en caderas, rodillas y tobillo, y a las fuerzas en propulsión con pronación de los pies. Presenta una alta cadencia de pasos (con un promedio de 180 pasos por minuto), con un elevado grado de variabilidad ⁽⁵²⁾.

La fase apoyo monopodal es corta, sobre un 32% del ciclo total del paso. Esto indica que el niño carece aún de estabilidad de cadera.

A medida que el niño practica los ajustes posturales y las reacciones de equilibrio, los pies mostrarán cada vez más una consistente dorsiflexión de los dedos, en respuesta al desplazamiento posterior del peso del cuerpo. En el desplazamiento lateral del centro de gravedad, los pies evocarán respuestas de supinación. Por tanto, entre las edades de 2 y 3 años hay una notable transición desde la inmadurez hasta la madurez de los patrones de la marcha. Al final de esta etapa, se establecerán los movimientos de la rodilla y el tobillo, así el balanceo recíproco de los brazos en la marcha.

Las características que marcan el inicio de la maduración del paso son:

Aumento de la velocidad de caminar, con pasos más largos, debido al aumento de estabilidad en la pierna y el pie que carga. El niño entre 2 y 3 años de edad muestra una fase de apoyo monopodal más larga. También se observan patrones de movimientos maduros en las extremidades inferiores como las rotaciones, la flexión rodilla ondulante y el golpe de talón, se observa que se van incrementando los ángulos de flexión de rodilla y de dorsiflexión de tobillo.

El niño en edad preescolar usa la marcha para conseguir nuevas habilidades motrices y va fortaleciendo la musculatura de las extremidades. Así, se demuestra cómo entre los 4 y 7 años la marcha alcanza el patrón del paso maduro, incrementando la longitud del paso y mejorando la estabilidad del apoyo monopodal y del pie. Las características de la alineación, la estructura y postura de un pie equilibrado en bipedestación muestran que el peso del cuerpo que carga sobre el talón es del 61%, sobre el borde lateral del 4%, y en el antepié del 35%. En el plano transversal, el antepié está paralelo a la bisección longitudinal en el plano sagital del retropié. Los dedos están rectos y paralelos a los metatarsianos⁽⁵²⁾.

IV.I Intervención kinésica

Para tratar un pie plano flexible, la fisioterapia es una herramienta que puede mejorar alteraciones presentes en niños con esta condición. La elección de una terapéutica sigue siendo tema de debate.

Los objetivos de los ejercicios, en el caso del PPF sintomático, pretenden reforzar la musculatura supinadora del pie, principalmente el tibial posterior; además de corregir los defectos posturales que interfieren en la marcha.

En teoría los ejercicios se indican en niños menores con escasa potencia muscular de los inversores del pie; el ejercicio más frecuente para esto suele ser caminar apoyando el pie sobre el borde externo.

Estos ejercicios son activos, y deben mantenerse mientras persista la hipermovilidad natural del pie del niño pequeño. Cuando se haya desarrollado la marcha y una estructura rígida en el pie con la edad, la bóveda plantar alcanzará una estabilidad aceptable⁽¹⁸⁾.

En el tratamiento del PPF, también es muy útil la elongación, ya que aumenta las cualidades físicas y la eficiencia muscular. La elongación es la utilización de toda la amplitud de movimiento que actúa sobre la elasticidad muscular, manteniendo los niveles de flexibilidad. Provoca la activación de los husos musculares, reaccionando al reflejo de estiramiento, elevando la contracción muscular refleja del mismo músculo. Por otro lado, los órganos tendinosos de Golgi, que se encuentran a nivel de los tendones, provocan la reacción de la musculatura⁽⁵⁴⁾. Al mismo tiempo, la elongación

pasiva del tríceps sural, consigue indirectamente aumentar la flexión dorsal real del pie y se corrige el valgo del calcáneo, si este existiera.

La postura es la relación establecida entre los segmentos del cuerpo en una determinada instancia, que se mantiene en determinadas condiciones. Gracias a la percepción de sensaciones tales como la tensión ligamentaria, el estiramiento muscular, el apoyo plantar construimos la postura. La reeducación de la postura supone un enfoque global del individuo, analizando las alteraciones en su organización corporal y los síntomas que padece. Se ubica en la estructura músculo-esquelética, verdadera estructura de nuestro cuerpo, que influye en las funciones, condiciona los movimientos y perturba necesariamente la sensibilidad.

Los autores sugieren que la debilidad de los músculos extensores provoca un desequilibrio general entre los músculos del pie. Proponen que éste es el evento centinela que conduce al desarrollo y la persistencia del pie plano. El tratamiento para el PPF incluye la modificación de la actividad y ortesis. Los ejercicios de estiramiento con un fisioterapeuta. Si la clínica es positiva y los síntomas se resuelven, se instaura la observación y las ortesis (cuando sea apropiado)⁽¹⁹⁾.

Además, existe evidencia de que los ejercicios tienen un papel crucial en la mejora del equilibrio. Fortalece los músculos que mejoran el equilibrio, la capacidad para caminar y corrige las deformidades⁽⁵⁵⁾. Uno de los enfoques que mejoran el equilibrio en los niños son los ejercicios pliométricos⁽⁵⁶⁾. El ejercicio pliométrico indica un movimiento de interacción rápido y fuerte entre las contracciones excéntricas y concéntricas. Este tipo de ejercicio es seguro y eficiente en adultos y niños para mejorar el equilibrio, las habilidades de salto, el tiempo de reacción, la densidad mineral ósea, la resistencia, la potencia y la fuerza muscular, la producción de energía, el rendimiento motor y la coordinación⁽⁵⁷⁾.

Diversas investigaciones plantean la realización de rutina de ejercicio fisioterapéuticos “Ejercicios de Risser” que consiste en la realización de 10 ejercicios. Para ejecutar esta técnica se necesitan de ciertos materiales fáciles de adquirir, los cuales son: una toalla, bolitas pequeñas de papel, lápices o palos delgados de madera, un rodillo, una pelota mediana y una tabla de propiocepción. El tiempo de ejecución de cada ejercicio va a depender de la tolerancia de cada niño. Sin embargo, se considera que 3 a 5 minutos es un tiempo prudente y favorable. Además, para obtener los resultados deseados se debe ser constante y realizar toda la rutina diariamente durante 30 a 40 minutos aproximadamente.

IV.I.1 Foot Core System

El Foot CoreSystem⁽⁵⁸⁾ es un concepto funcional utilizado habitualmente para referirse de forma conjunta a las estructuras musculares y osteoarticulares de la zona central del pie. Está compuesto por tres subsistemas. El subsistema pasivo que consta de huesos, ligamentos y cápsulas articulares que mantienen los arcos del pie, subsistema activo consiste en músculos y tendones, por último, un subsistema neural que consta de receptores sensoriales en la fascia plantar, ligamentos, capsulas articulares, músculos y tendones involucrados en los subsistemas activo y pasivo. Estos interactúan entre sí y la alteración de la función de uno de dichos subsistemas seguramente incrementará la demanda de estabilidad en los otros dos. El fortalecimiento del Foot Core va proporcionar un adecuado control de la estabilidad del pie tanto en estática como en dinámica, una adecuada y óptima transmisión de fuerzas entre el cuerpo y las fuerzas reactivas del suelo, la prevención y rehabilitación de las lesiones y la mejora del rendimiento deportivo.

Con el objetivo de aislar al máximo la acción de la musculatura intrínseca, recientemente se han descrito el shortfooteercises (ejercicios de acortamiento del pie)^{(59) (60)}. Se debe hacer hincapié en que el paciente aprenda a sentir la posición subastragalina neutral con el calcáneo y las cabezas de los metatarsianos en el suelo y los dedos de los pies ni flexionados ni extendidos y luego ser capaz de acortar el pie usando los músculos intrínsecos plantares. Este ejercicio se puede realizar en progresión desde sentado a bípedo, a posiciones unipodales, seguido de actividades funcionales como sentadillas y saltos con una sola pierna⁽⁵⁸⁾.

IV.m Ortesis

La intervención conservadora para el PPF pediátrico involucra principalmente el uso de ortesis de pie (OP), aunque en el pasado, también se incluían calzado ortopédico. El calzado es la primera influencia externa en la postura del pie⁽¹⁵⁾.

Las ortesis plantares (OP) o plantillas tienen como objetivo es disminuir la presión vertical y decizamiento sobre las zonas del pie que están sometidas a una excesiva carga o stress^{(50) (61)}. Las OP se colocan dentro del calzado, reparten las cargas soportadas por el pie, distribuyéndolas sobre toda la planta y rellenar el apoyo de las zonas donde éste es inadecuado. Estas zonas están sometidas, lógicamente, a un

aumento de presión de acuerdo con la fórmula: "Presión = Fuerza / Superficie". Con la utilización de plantillas, se rellena la zona correspondiente a los arcos plantares interno y externo, consiguiendo un aumento de la superficie de apoyo y por tanto una disminución de la presión parcial soportada por cada centímetro cuadrado de la piel plantar⁽⁵⁰⁾.

Según sus objetivos terapéuticos, las plantillas funcionales se clasifican en: a) plantillas de realineación o control de deformidades; b) plantillas de descarga o distribución de presiones, y c) plantillas mixtas, que combinan ambas funciones⁽⁶¹⁾.

Las OP para pacientes pediátricos están diseñadas para reducir los movimientos anormales y minimizar el daño causado al sistema musculoesquelético mientras son jóvenes y prolongar la vida de las extremidades inferiores durante su edad adulta. Además, se utilizan para intentar cambiar la morfología del pie y frenar la progresión de la deformidad⁽⁵⁾. Varios estudios han comprobado que las ortesis funcionales para el pie son muy eficaces en el tratamiento, aunque sigue siendo un tema de debate⁽⁶²⁾. Están indicadas para los niños con deformidades de pie leves a moderadas. Las deformidades más severas requieren ortesis que sean capaces de proporcionar un mayor control a través de una mejor palanca. No es habitual que un niño se queje de dolor, por lo que los niños que se quejan de dolor necesitan una atención especial⁽⁵⁾.

Cuanto más camina el niño y los huesos maduran, más difícil es cambiar la forma de la extremidad inferior con yesos u ortesis. Al igual que las fuerzas de enyesado controladas pueden corregir una deformidad o variación de las extremidades inferiores, las fuerzas anormales pueden crear una deformidad. Por lo tanto, cuanto antes se neutralicen las fuerzas anormales, mayor será la posibilidad de que se produzca un desarrollo más normal⁽⁵⁾. Kirby explica el interrogante de cuando tratar a los niños con deformidad de PP con OP y en ello hay una gran variedad de opiniones. Sin embargo, considerando ciertos criterios clínicos como la presencia o no de síntomas, historia familiar, examen de la marcha y la gravedad de la deformidad el tipo de ortesis que se recomendará.

Existe una amplia gama de ortesis que se utilizan para pies planos flexibles. El equipo que prescribe tiende a ascender en la jerarquía desde el que menos a más brinda apoyo a medida que aumenta la gravedad del PP. Las OP recetadas deben "colocarse" lentamente, comenzando con 1 a 2 horas de uso por día, según se tolere, durante la primera semana y aumentando gradualmente el número de horas durante un período de aproximadamente 2 a 3 semanas. Luego, se requiere la revisión por parte del ortesista y el médico/ca que prescribe para evaluar la idoneidad de la

corrección proporcionada por las ortesis, excluir áreas de presión y ajustar las ortesis según sea necesario. Se deben realizar revisiones cada 6 a 12 meses para reevaluar el ajuste y evaluar si el niño todavía necesita las ortesis. El niño necesitará ortesis de pie más grandes cada vez que aumente el tamaño de su zapato⁽³⁾.

V Estrategia Metodológica

El presente trabajo se realizó en base a una revisión bibliográfica, se seleccionaron artículos científicos publicados en un período de tiempo comprendido entre los años 2000 y la actualidad extraídos de bases de datos de Ciencias de la Salud como Biblioteca Virtual en Salud (BVS), Biblioteca Electrónica de Ciencia y Tecnología del MinCyT, PubMed, Cochrane, Bireme.

La búsqueda se realizará a través de la combinación de palabras (DeCS/MeSH) disponibles en inglés y en español, para delimitar los resultados descritos en las siguientes tablas.

Cuadro 1. Términos para la búsqueda en las bases de datos.

PALABRA	Término libre	DeCS	MeSH
#1	Pie plano flexible	Pie Plano	"Flatfoot"[Mesh]
#2	"Flatfoot"		
#3	"Pes planus"		
#4	"Biomecánica"	Fenómenos Biomecánicos	"BiomechanicalPhenomena"[Mesh]
#5	Rehabilitación	Rehabilitación	"Rehabilitation" [Mesh]
#6	Ejercicio terapéutico	Terapia por Ejercicio	"ExerciseTherapy"[Mesh]

#7	Fisioterapia	Modalidades de Fisioterapia	"PhysicalTherapyModalities"[Mesh]
#8	"Physiotherapy"		
#9	Niños	Niño	"Child"[Mesh]
#10	"orthopedic insoles"		
#11	Ortesis del pie	Ortesis del Pie	"FootOrthoses"[Mesh]
#12	"Insert"		
#13	Síntomas	Signos y Síntomas	"Signs and Symptoms"[Mesh]
#14	Dolor Musculoesquelético	Dolor Musculoesquelético	"MusculoskeletalPain"[Mesh]
#15	Dolor	Dolor	"Pain"[Mesh]
#16	"Surgery"		
#17	"Surgical"		

Cuadro 2. Combinación de términos

	Término	Conector	Término	Conector	Término	Conector	Término	Conector	Término	Conector	Término
#18	#1	OR	#2	OR	#3	AND	#9				

#19	#18	AND	#4								
#20	#5	OR	#6	OR	#7	OR	#8	AND	#18		
#21	#10	OR	#11	OR	#12	AND	#18				
#22	#13	OR	#14	OR	#15	AND	#18	NOT	#16	NOT	#17

Para la investigación se utilizaron los siguientes criterios de inclusión:

- La fecha de publicación de artículos en el período comprendido entre los años 2000 y 2023.
- Estudios que incluyan población en un rango etario entre 3 a 18 años.
- Artículos que incluyan el tratamiento rehabilitador y plantillas ortopédicas.
- Ensayos clínicos aleatorizados, Estudio de cohortes.

Los criterios de exclusión tomados en consideración son:

- Artículos sobre intervención quirúrgica
- Pacientes adultos
- Casos clínicos únicos, Metaanálisis y Revisiones Sistemáticas

VI Contexto De Análisis

A continuación, se desarrollarán los artículos pertinentes a este trabajo de investigación que cumplieron con los criterios mencionados en el apartado anterior. Los mismos se dispondrán según su año de publicación. Se hará énfasis en aquellos que presenten tratamiento kinésico y ortésico, los que examinen el comportamiento biomecánico del pie plano flexible además de presentación de síntomas en relación al pie plano flexible.

1- “Tratamiento rehabilitador en el pie plano flexible: un estudio de cohortes prospectivo” (“*Rehabilitative treatment in flexible flatfoot: a perspective cohort study*”)

Autores: Riccio I, Gimigliano F, Porpora G, Iolascon G. ChirOrganiMov. 2009 Dec; 93(3): 101-7.⁽⁶³⁾

Este estudio de cohorte, de tipo prospectivo propuso comparar un grupo de niños con pie plano flexible valgo (PPFv) que siguieron un programa de rehabilitación con una cohorte histórica de niños que habían sido tratados con plantillas y calzado ortopédico.

Durante un periodo de 2 años (1995-1997), se seleccionaron 300 niños (600 pies) con diagnóstico de pie plano flexible bilateral, que se sometieron a un tratamiento rehabilitador. Su edad media era de 3,4 años (mín. 2,75 máx. 5). El 61,3% de los sujetos eran varones (184 varones y 116 mujeres). Los pies se clasificaron, según el método de Viladot, utilizando una huella podoscópica. El grado III de deformidad del pie plano flexible se caracteriza por un pie con una línea media de la planta del pie convexa; en el tipo II, la línea media de la planta del pie es recta; en el tipo I, la línea media de la planta del pie está ligeramente reducida. Las imágenes de los pies también se utilizaron para calcular el índice del arco de Staheli. La medida del ancho del pie en la zona del arco (A) se divide por la anchura del talón (B) para calcular el índice del arco de cada pie (IP-Índice plantar = A/B). (Fig. 27)

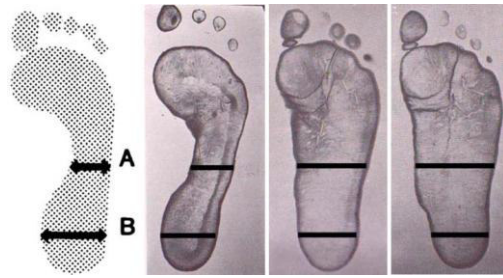


Figura 27. Evaluación del índice del arco de Staheli (A: B) con la huella.(63)

Según la clasificación de Staheli, el arco plantar corresponden al grado tipo III de Viladot cuando la relación es $>1,15$, al tipo II cuando está comprendida entre 0,9 y 1,15, y a tipo I cuando se encuentra entre 0,7-0,9. Se consideró que el tipo I de Viladot (índice del arco plantar de Staheli 0,7-0,9) eran pies normales y, por este motivo, no se sometieron a ningún tratamiento.

De los 600 pies (300 niños), 386 pies presentaban una deformidad de grado tipo III y 214 pies presentaban una deformidad de grado tipo II. El tratamiento rehabilitador consistía en ejercicios terapéuticos sencillos, que tanto los pacientes como los cuidadores (normalmente las madres) podían aprender con facilidad, para extender la rehabilitación al contexto doméstico y limitar así la necesidad de intervención del fisioterapeuta (FT) a controles periódicos. De hecho, durante el primer mes, los niños y sus cuidadores asistían 3 veces por semana a la clínica y hacían media hora al día de rehabilitación con un FT. Al final del primer mes, se pidió a los cuidadores que hicieran que sus hijos hicieran al menos 2 h de ejercicios por semana y que acudieran cada mes a una sesión adicional de 30 min de fisioterapia en grupo reducido (cinco niños).

Los ejercicios, que se muestran en la Tabla 1, estaban dirigidos a aumentar la flexibilidad, el fortalecimiento muscular y la educación propioceptiva.

Objetivo	Ejercicio y actividades
Flexibilidad	<p>Ejercicios de amplitud de movimiento del tobillo y de todas las articulaciones del pie.</p> <p>Movimiento global acercar las columnas anteriores y posteriores del pie.</p> <p>Estiramiento de los músculos tríceps sural y peroneo lateral corto para inducir el varo y la aducción del pie.</p>

Fortalecimiento muscular	<p>Músculos tibial anterior y posterior y flexor largo del dedo gordo para contrarrestar el valgo</p> <p>Músculos Intrínsecos, interóseos plantares y el abductor del primer dedo para evitar el aplanamiento del arco anterior.</p> <p>Activación/movimiento global de los músculos implicados en el mantenimiento del arco medial y el varo con y sin carga.</p>
Propiocepción y equilibrio postural	<p>Apoyo unipodal</p> <p>Marcha con los dedos del pie</p> <p>Marcha con los dedos del pie y talones</p> <p>Carga unipodal (para hacer el pie cavo tras la pronación dinámica del antepié)</p> <p>Descenso a través de un plano inclinado</p>

Tabla 1. Ejercicios y actividades para el pie plano flexible.(63)

El periodo medio de rehabilitación fue de 2,75 años (mín. 2,1; máx. 4,3).Luego, se compararon los resultados obtenidos del tratamiento rehabilitador con resultados de una cohorte histórica previamente tratada con plantillas y calzado ortopédico.

La cohorte histórica incluía 337 niños (674 pies). 396 pies presentaban una deformidad de tipo III grado de Viladot, 278 pies una deformidad de grado II. El 64,99% (219) de los sujetos eran varones. Su edad media era de 2,6 años (mín. 1,9; máx. 5). El periodo medio de tratamiento con plantillas y calzado ortopédico fue de 2,66 años (mín. 1,9; máx. 4,1 años).

La ortesis que se había utilizado consistía en unaplantilla plantar de doble plano inclinada tanto en sentido medio-lateral como anteroposterior (Fig.28). El objetivo de la doble inclinación es restablecer la relación normal entre la cabeza del astrágalo y el calcáneo.

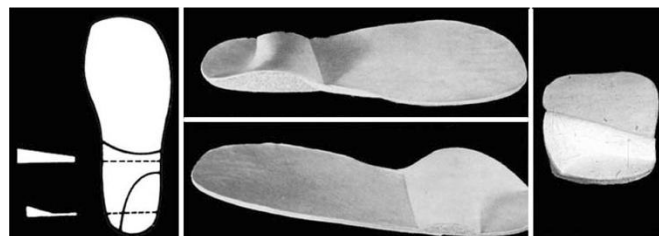


Figura 28. Tipo de ortesis utilizada en el estudio anterior sobre el tratamiento ortopédico del pie plano.(63)

Los dos grupos se emparejaron en términos de edad, gravedad de la patología y duración del tratamiento (Tabla 2).

Tabla 2. Características basales de los dos grupos.

Los valores son
media \pm desviación

Características	Cohorte histórica	Nueva cohorte
Número de niños	337	300
Número de pies	674	600
Edad (años)	2,6 \pm 0,52	3,4 \pm 0,55
Masculinos (%)	64,99	61,3
Período de tratamiento	2,66 \pm 0,61	2,75 \pm 0,63
Clasificación (%)		
I	0	0
II	42,12	35,7
III	58,8	64,3

número, porcentaje y
estándar (DE)(63)

Se volvió a examinar a los niños de ambos grupos a los 8 años de edad.

Los resultados que se obtuvieron en esta investigación fueron en la cohorte de rehabilitación, de los 386 pies de grado III tratados, solo 22 (5,7%) permanecieron inalterados y 12 (3,2%) se convirtió en grado II, mientras que 17 (4,3%) se convirtió en grado I, y los 335 restantes (86,8%) resultaron normales(N) en el último seguimiento. El 91,2% de la muestra total, los grado I y N resultaron normales en el seguimiento. De los 214 pies clasificados al inicio como grado II, solo 4 (1,9%) permanecieron en el mismo grado. Los 210 pies restantes (98,1%) se normalizaron. Por lo cual, de 600 pies, solo 38 permanecieron anormales en el seguimiento (22 grado III y 16 grado II).

En la cohorte histórica de niños tratados con ortesis de los 396 pies inicialmente clasificados en grado III, 214 (154 grado I+ 60 N; 54%) pudieron clasificarse como normales a la edad de 8 años. De los 278 pies clasificados en la primera visita como de grado tipo II, 248 (128 de tipo I + 120 N; 89%) pasaron a ser normales. Por lo tanto, de 674 pies, 212 seguían siendo anormales en el seguimiento (36 de tipo III y 176 de tipo II). (Gráfico 1)

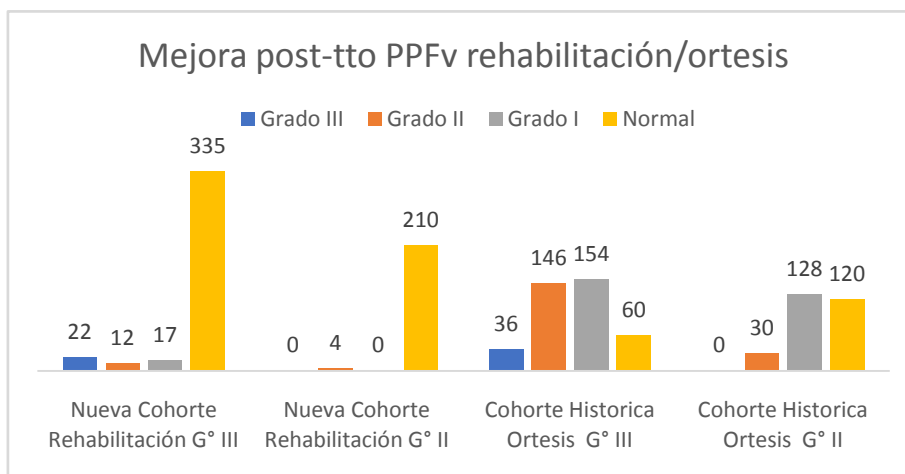


Gráfico 1. Mejora postratamiento de rehabilitación y ortesis del PPFv.⁽⁶³⁾

Al comparar el porcentaje de éxito (cambio de grado III o II a grado I o N) en los dos grupos (niños tratados con rehabilitación y niños tratados con ortesis), el enfoque rehabilitador parece ser más eficaz que el uso de ortesis en el tratamiento de PPFv.

La limitación del estudio fue de no disponer de datos sobre la adherencia de los niños al tratamiento más allá de lo referido por sus madres.

Como conclusión, el pie plano flexible rara vez persiste después de los 8 años también en ausencia de tratamiento, como demuestra la historia natural de esta patología. La terapia de rehabilitación tiene poca influencia en la historia natural del pie plano flexible en valgo pediátrico, además puede intervenir en el mantenimiento de una buena flexibilidad del pie plano, limitando el deterioro funcional. Por lo cual, siempre debe estar indicado en un enfoque rehabilitador en un pie plano flexible valgo grave. En este estudio, el tratamiento ortésico no ha demostrado ser un medio eficaz en el tratamiento de esta afección, cual sea la gravedad de la patología.

2- “Cinemática de las extremidades inferiores en niños con y sin pie plano flexible: un estudio comparativo” (“Lower extremity kinematics in children with and without flexible flatfoot: a comparative study”)

Autores: Shih YF, Chen CY, Chen WY, Lin HC. BMC MusculoskeletDisord. 2012 Mar 2;13(31): p1-9.⁽⁶⁴⁾

El propósito de este estudio es describir y comparar la cinemática de las extremidades inferiores entre niños con arco normal y aquellos con pie plano flexible, con la intención de proporcionar información práctica para la toma de decisiones en el tratamiento de niños con pie plano flexible.

Se incluyeron 20 niños con pie plano flexible (edad media $9,7 \pm 0,9$ años) y 10 niños con arcos normales (edad media $9,6 \pm 1,2$ años). Los datos cinemáticos (ángulos máximos y mínimo y rango de movimiento, velocidad y excursión) de la cadera, la rodilla y el tobillo. Se recopilaron durante la marcha utilizando el Sistema de seguimiento electromagnético POLHEMUS LIBERTY. Las variables cinemáticas se compararon entre los grupos de arcos normales y pies planos flexibles utilizando medidas repetidas ANOVA de efectos mixtos.

Resultados de los patrones de movimiento en las articulaciones de la cadera, la rodilla y el tobillo fueron similares entre los niños con pies planos flexibles y con arcos normales, aunque identificaron que los niños con pie plano flexible tienen una tendencia hacia una mayor rotación interna de rodilla en el plano transversal en la fase de apoyo y una mayor flexión y aducción de la cadera con menor rotación interna durante la fase de apoyo en la marcha.

A modo de conclusión, aunque los niños con pie plano flexible demostraron una mayor eversion de del calcáneo mientras estaban de pie, el estudio no identificó adaptación cinemática durante la marcha en niños con pie plano flexible.

3- “Efectos de los pies con arco bajo en la cinemática de la marcha de las extremidades inferiores en niños”

(“Theeffectsoflowarchedfeetonlowerlimbgaitkinematics in children”)

Autores: Twomey DM, McIntosh AS. Foot (Edinburgh, Scotland). 2012 jun;22(2): p 60-5. ⁽⁶⁵⁾

El propósito de este estudio fue investigar la cinemática de las extremidades inferiores entre el pie con arco normal y bajo durante el ciclo de la marcha, particularmente en el plano transversal.

Los participantes fueron clasificados en grupos de pie de arco alto, pie normal y pie arco bajo usando a nivel estático, el FootprintIndexyArchIndex, a nivel dinámico ND en plano sagital y mediciones bidimensionales del ALI. Todos los participantes eran

asintomáticos y los pies clasificados bajos eran pies planos flexibles. Los criterios de exclusión fueron historial previo de lesiones de las extremidades inferiores o tratamiento ortésico. Veinticuatro niños, doce con pie normal y doce con arco bajo, de 11 a 12 años, fueron sometidos a un análisis tridimensional de la marcha de miembros inferiores. Se examinaron los parámetros y patrones temporoespaciales y los rangos de movimiento de los datos cinemáticos para la pelvis, la cadera, la rodilla y el tobillo a lo largo del ciclo de la marcha.

En general, se encontraron muy pocas diferencias en la cinemática de los miembros inferiores entre el grupo de arco normal y bajo. El aumento de la rotación externa de la cadera ($6-7^\circ$) en el grupo de arco bajo fue la única diferencia significativa entre los dos grupos. No existieron diferencias significativas en los parámetros temporoespaciales entre los dos grupos. La principal diferencia en el movimiento de la pelvis ocurrió en el plano transversal, con los participantes en el grupo de arco bajo levemente más rotados internamente ($1-2^\circ$) a lo largo de la postura y en el despegue de los dedos. En el movimiento del plano sagital y coronal de la cadera, el grupo de arco bajo estaba ligeramente más extendido y abducido en el despegue de los dedos, pero se movía en grados idénticos de flexión que el grupo con arco normal durante el balanceo. El patrón y la magnitud del movimiento del plano sagital de la rodilla del grupo de arco bajo fue similar a los datos normales, excepto para la postura media a tardía donde el grupo de arco bajo estaba levemente más extendido ($2-3^\circ$). El ángulo de progresión del pie del grupo de arco bajo fue más externo durante todo el ciclo de la marcha, con la excepción del balanceo medio donde se movió a una posición menos externa ($1-2^\circ$) que el pie con arco normal.

Concluyen lo siguiente; se encontraron muy pocas diferencias en la cinemática de los miembros inferiores entre el grupo de arco normal y bajo. El aumento de la rotación externa de la cadera en el grupo de arco bajo fue el hallazgo más significativo de este estudio. Sin embargo, las diferencias absolutas fueron relativamente pequeñas y, aunque la importancia clínica de las diferencias no se investigó en este estudio, puede indicar que los pies planos flexibles no son un factor de riesgo intrínseco importante al caminar para otras afecciones musculoesqueléticas de las extremidades inferiores en los niños.

El aumento de la rotación externa de la cadera, el ángulo externo de progresión del pie combinado con la reducción de la pronación del antepié en el pie con arco bajo enfatiza la necesidad de examinar la marcha de manera integral para establecer la

causa o el efecto y la importancia clínica de estas diferencias observadas y, por lo tanto, determinar el tratamiento adecuado.

4- “Análisis multifactorial de la marcha de niños con pie plano y deformidad en valgo del retropié” (“*Multifactorial gait analysis of children with flat foot and hindfoot valgus deformity*”)

Autores: Pothrat C, Authier G, Viehweger E, Rao G. *Comput Methods Biomech Biomed Engin.* 2013;16 Suppl 1:80-1.⁽⁶⁶⁾

En este estudio, se realizó un análisis comparativo de la marcha, de niños normales y con pie plano, evaluando simultáneamente variables clínicas, cinemática articular, activaciones musculares, fuerzas de reacción del suelo y momentos articulares netos, con el fin de objetivar causas y consecuencias del pie plano.

Se analizaron dos grupos de 10 niños (de 4 a 12 años de edad) con pie plano flexible y deformidad del retropié en valgo (pie plano, grupo PP y pie normal, grupo PN). La presencia de cualquier deterioro neurológico fue un criterio de exclusión. A todos se les realizó primeramente un examen clínico de los miembros inferiores para evaluar el rango de movimiento de las articulaciones de los miembros inferiores, como rotación de cadera, flexión de rodilla, dorsiflexión de tobillo, anteversión femoral, varo del retropié, supinación del antepié, aducción del mediopié y rigidez muscular como los aductores (medio y largo), grácil, soleo, recto femoral y gemelos. Se realizaron siete pruebas de marcha a velocidad de marcha preferencial, durante las cuales se registraron las actividades musculares de los músculos tibial anterior, peroneo lateral, gastrocnemio medial y lateral, sóleo, vasto medial, recto femoral y semitendinoso. Las fuerzas de reacción del suelo se extrajeron de dos placas de fuerza. Los ángulos articulares se calcularon utilizando el modelo de pie Oxford (OFM) para el pie y el modelo Plug In Gait (PIG) para la articulación del tobillo, la rodilla y la cadera.

Los resultados no mostraron diferencias en ninguna activación muscular, ni en el tiempo ni en la intensidad, entre los niños FF y los niños NF. Sin embargo, hubo diferencias significativas para todas las demás variables (cinemática, fuerzas de reacción del suelo y momentos articulares netos). Variaciones cinemáticas específicas, como la reducción de la dorsiflexión del tobillo, abducción del antepié en relación con el retropié, rotación interna del retropié en relación con la tibia. Notaron una mayor supinación del antepié, en relación con el retropié medido durante el examen clínico,

además el grupo FF tenían un ángulo de progreso del pie significativamente más bajo (el ángulo era negativo cuando estaba orientado hacia el exterior), lo que significa que caminaban con los pies en rotación externa.

Como conclusión, la deformación del pie plano flexible en valgo podría deberse a deformidades esqueléticas en el antepié, ya que encontraron una supinación, pero sin cambios en la actividad muscular asociada. Esas desviaciones crearían una sobrecarga de tensión en el área de la articulación talonavicular que provocaría el colapso de la parte media del pie.

5- “Pie plano en la población india” (“*Flatfoot in Indian population*”)

Autores: PandeySudhakar, Prakash PalChandra, KumarDeepak, Singh Pulkesh. *JournalofOrthopaedicSurgery* 2013;21(1):32-6. ⁽⁶⁷⁾

El objetivo del siguiente trabajo es comparar los resultados de diferentes tratamientos conservadores para el pie plano mediante índice Chippaux-Smirak (ICS) y el índice de valgo.

Entre 2005 y 2006, se evaluaron 150 pacientes con pie plano sintomático y 50 pacientes control (sin pie plano ni deformidad de miembros inferiores) mayores de 8 años que acudieron al hospital. El diagnóstico de pie plano se basó en el dolor al caminar una distancia, Test de Jack, índice de valgo, el ICS, así como la eversión/inversión y la dorsiflexión en el tobillo.

En el Test de Jack, el dedo gordo del pie estaba completamente en dorsiflexión, y el resultado se consideró positivo cuando se restableció el arco longitudinal medial y la tibia rota externamente. La prueba se consideró negativa cuando no se restauró el arco.

El índice de valgo registró cualquier desplazamiento medial o lateral (en porcentaje) de los maléolos (y por tanto del tobillo) en relación con el centro de la huella del talón. Midió la relación del centro de la línea intermaleolar y una línea desde el centro de la huella del talón hasta el centro de la huella del tercer dedo del pie. Un índice positivo/negativo indicaba un desplazamiento del tobillo medial/lateralmente.

Huellas estáticas y dinámicas fueron tomadas en papeles cuadriculados. Se calculó con el Índice de Chippaux-Smirak (ICS) como: la parte más ancha del mediopié sobre la

parte más ancha del antepié (en mm) x100, y se clasificó como pie de arco alto (<20), pie normal (20–44), pie plano incipiente (45–74), y pie plano (≥ 75).

Los pacientes fueron aleatorizados de forma desigual en 4 grupos de tratamiento:

- (1) ejercicios para los pies (n=60),
- (2) uso del taco alargado de Thomas con o sin soporte para el arco (n=45)
- (3) uso de la plantilla de Rose Schwartz (n=18)
- (4) ejercicios para los pies combinados con ambas modificaciones del calzado (n=27)



Figura 29. Izquierda, Taco alargado de Thomas; derecha, Plantilla Rose Schwartz.(67)

Los resultados indican que, de los 150 pacientes con pie plano sintomático, 96 tenían pie plano grave (ICS, >75) y 54 tenían pie plano incipiente (ICS, 45– 74). El Test de Jack fue positiva en los 50 controles y 144 pacientes, y negativa en 6 pacientes, lo que arrojó una sensibilidad del 96 % y un valor predictivo positivo del 74 %.

Las quejas más comunes fueron dolor en la parte media del pie, seguido de dolor en el

Índice Chippaux-Smirak	Número de pacientes			
	Dolor en el antepié	Dolor en la parte	Dolor de retropié	Deformidad de

talón y dolor en la pantorrilla durante actividades extenuantes, además de deformidad en el talón y marcha anormal. Los síntomas se correlacionaron con el ICS. (Tabla 3). Por lo tanto, el ICS fue una buena herramienta para diagnosticar y clasificar el pie plano y evaluar el progreso del tratamiento.

		medial del pie		talón
45-74 (pie plano incipiente)	8	24	12	18
≥75 (pie plano)	11	56	29	96

Tabla 3. Correlación de síntomas e índice Chippaux-Smirak. ⁽⁶⁷⁾

El calzado también se correlacionó con el pie plano. Los que usaban pantuflas de goma suave o pantuflas de suela dura tenían más probabilidades de tener pie plano, en comparación con los que usaban zapatos.

El índice de valgo (rango normal, 8) no se asoció con el ICS. La mayoría de los pacientes tenían un índice de valgo que oscilaba entre 0 y 20 independientemente de su ICS (tabla 4).

Tabla 4. Distribución de los pies según el índice de valgo y el índice Chippaux-Smirak. ⁽⁶⁷⁾

ICS	N° de pacientes	Índice de valgo			
		Antes del tratamiento		Después del tratamiento	
		Pie derecho	Pie izquierdo	Pie derecho	Pie izquierdo
45-74 (pie plano incipiente)	54	0-16(79 pies)	0-14(75 pies)	0-4(79 pies)	0-4(75 pies)
≥75 (pie plano)	90	8-22(45 pies)	8-25(45 pies)	0-8(45 pies)	0-8(45 pies)
≥75 (pie plano) y test de Jack	6	≥25(4 pies)	24-25(2 pies)	20-25(4 pies)	18-22(2 pies)

Tabla 5. Cambio en el Índice Chippaux-Smirak, alivio del dolor y mejoría de la marcha después de tratamientos conservadores. (67)

De 60 pacientes tratados con ejercicios para los pies, 18 informaron alivio del dolor y 42 tenían síntomas persistentes. Todos tuvieron una reducción mínima (≤ 5) en su ICS (Tabla 5).

Los ejercicios para los pies tuvieron un limitado efecto sobre los arcos longitudinales del pie. De 18 pacientes tratados con la plantilla de Rose Schwartz, todos informaron alivio del dolor y mejoría de la marcha (en términos de menos desgaste en la parte medial que en la parte lateral de sus zapatos). La reducción en el ICS fue ≤ 5 en 6, 6 a 10 en 9 y 11 a 15 en 3 (Tabla 5). La reducción media de ICS fue de $7,83 \pm 4,04$. De 45 pacientes tratados con el taco alargado de Thomas, 39 informaron alivio del dolor y 36 mejoraron la marcha. La reducción en el ICS fue ≤ 5 en 18, 6 a 10 en 18 y 11 a 15 en 9 (Tabla 3). La reducción media de ICS fue de $7,04 \pm 4,14$. De 27 pacientes tratados con ejercicios para los pies combinados con ambas modificaciones del calzado, todos informaron alivio del dolor y mejoría de la marcha. La reducción en el ICS fue ≤ 5 en 10, 6 a 10 en 12 y 11 a 15 en 5 (Tabla 3). La reducción media de ICS fue de $6,81 \pm 3,67$.

En conclusión, el Test de Jack fue la mejor herramienta de detección. El ICS fue una buena herramienta para diagnosticar y clasificar el pie plano y evaluar el progreso del

Tratamiento	N.º de pacientes									
	Índice Chippaux-Smirak		Cambio en el Índice				Alivio de dolor		Mejora en la marcha	
	45-74 (Pie plano incipiente)	≥ 75 (Pie plano)	0-5	6-10	11-15	16-20	Si	No	Si	No
Ejercicios para los pies (n=60)	42	18	60	0	0	0	18	42	16	44
Plantilla Rose Schwartz (n=18)	12	6	6	9	3	0	18	0	18	0
Taco alargado de Thomas (n=45)	10	35	18	18	9	0	39	6	36	9
Ejercicios para los pies y modificaciones del calzado (n=27)	20	7	10	12	5	0	27	0	27	0

tratamiento. La combinación de ejercicios para los pies junto con las modificaciones en el calzado logró el mejor resultado.

6- “¿La deformidad excesiva del pie plano afecta la función? Una comparación entre pies planos sintomáticos y asintomáticos utilizando el modelo de pie de Oxford” (“Does excessive flatfoot deformity affect function? A comparison between symptomatic and asymptomatic flatfeet using the Oxford Foot Model”)

Autores: Hösl M, Böhm H, Multerer C, Döderlein L. Gait Posture. 2014 Jan;39(1):23-8 (68)

El propósito de este estudio fue examinar la función del pie durante la marcha en pies planos flexibles sintomáticos (*symptomatic flat feet/* PPFS) y asintomáticos (*asymptomatic flat feet/* PPFA). Treinta y cinco pacientes pediátricos y juveniles con pie plano flexible idiopático de 7 años o más fueron seleccionados de un departamento ambulatorio de ortopedia. Veintiún niños (edad: $11,0 \pm 2,6$ años) estaban bilateralmente asintomáticos y no informaron ningún dolor, malestar o fatiga. Catorce niños (edad: $11,6 \pm 2,0$ años) informaron síntomas recurrentes en uno (2/14) o ambos pies (12/14) durante los últimos 6 meses o más (14 PPFS y 21 PPFA). Once participantes de la misma edad con pies de desarrollo típico sirvieron como controles (*typically developing feet/* PDT). Ninguno tenía anomalías neuromusculares o neurogénicas. Todos presentaban hallazgos clínicos de un talón en valgo bilateral, un arco colapsado y un signo de "demasiados dedos", con al menos dos de los tres parámetros clasificados como graves. Todos los pies planos se clasificaron como flexibles mostrando inversión del talón y un arco reconstituido durante la elevación activa del talón. Se excluyeron pies torcidos y coaliciones tarsales.

Para estudiar la función del pie, se capturaron la cinemática del pie multisegmento en 3D y la cinética de la articulación del tobillo durante el análisis de la marcha descalzo. En general, las alteraciones en la cinemática del pie en los pies planos fueron pronunciadas, pero no se observaron diferencias entre PPFS y PPFA. Los efectos discriminatorios más grandes entre pies planos y PDT se observaron en la reducción de la dorsiflexión del retropié, así como en el aumento de la supinación y abducción del antepié. Tras el examen clínico, las restricciones en la dorsiflexión pasiva en PPFA y PPFS fueron significativas. Durante la marcha, el retropié en pies planos (tanto sintomáticos y asintomáticos) estaba más evertido, pero menos flexible. En el plano

sagital, la dorsiflexión limitada del retropié de ambos se compensó con una mayor movilidad del antepié y un halluxhipermóvil. Con respecto a la cinética del tobillo, PPFS carecía de energía articular positiva para la propulsión, mientras que el pie asintomático necesitaba absorber más energía articular negativa del tobillo durante la respuesta de carga. Esto puede poner en riesgo el síndrome de fatiga y uso excesivo de los músculos de la pierna anterior en pies asintomáticos.

En conclusión, este trabajo indica que el grado de desviación cinemática en el pie plano en casos clínicos límite, como el pie plano flexible sintomático y el pie plano flexible asintomático, parece ser similar. Se observaron alteraciones significativas en la reducción de la dorsiflexión del retropié y el aumento de la abducción del antepié. Se sugiere que, al evaluar la cinemática en pies planos, se deben considerar tanto los parámetros discretos como los rangos de movimiento, ya que la desalineación y la restricción o la movilidad excesiva ocurren simultáneamente.

Durante el examen, es importante tener en cuenta la rigidez de la pantorrilla como parte integral de la patología. En términos de cinética, solo PPFS carecía de propulsión, mientras que PPFA absorbía más energía negativa de la articulación del tobillo, lo que a largo plazo podría sobrecargar los músculos. Por lo tanto, se argumenta que, a pesar de la ausencia de síntomas, la deformidad del pie plano afecta la función.

En la práctica clínica, se sostiene que la evaluación de la cinemática y la cinética del pie puede proporcionar una monitorización no invasiva y más significativa desde el punto de vista funcional que las radiografías estáticas. El dolor puede surgir cuando los tejidos no pueden equilibrar las sobrecargas o cuando la degeneración gradual supera los umbrales de dolor subjetivos.

7- “La relación entre la calidad de vida y la función del pie en niños con pie plano flexible” (“*The relationship between quality of life and foot function in children with flexible flatfeet*”)

Autores:Kothari A, Dixon PC, Stebbins J, Zavatsky AB, Theologis T. Gait Posture. 2015 Mar;41(3):786-90.⁽⁶⁹⁾

En este estudio, se seleccionaron 83 niños de entre 8 y 15 años para evaluar la postura del pie y su impacto en la calidad de vida y los parámetros espacio-temporales

durante la marcha. Los criterios de inclusión requerían una postura de pie neutra o plana y la ausencia de ortesis de pie o tobillo. Se excluyeron aquellos con cirugías previas en las extremidades inferiores, patologías musculoesqueléticas coexistentes o problemas de conducta. Los niños fueron seleccionados de una clínica ortopédica pediátrica, una clínica ortopédica y la comunidad.

La postura del pie se evaluó utilizando parámetros radiológicos, antropométricos, de la huella y de la marcha, clasificando a los niños en dos grupos: pie plano (PFF) y postura neutra del pie (PN). Se utilizó un límite de edad mínima de ocho años para asegurar que no se incluyeran pies planos en desarrollo en el estudio.

Se recopilaron datos demográficos y se realizó un examen físico de los participantes. Cada niño completó un Cuestionario de tobillo y pie de Oxford para niños (Oxford AnkleFootQuestionnaireforChildren/ OxAFQ_C) para evaluar la calidad de vida relacionada con problemas de pie y tobillo. Se realizaron pruebas de marcha en una pasarela y se capturaron los datos utilizando un sistema de cámara infrarroja. Se calcularon diversos parámetros cinemáticos y espacio-temporales a partir de estos datos.

Se utilizó regresión lineal múltiple para evaluar cómo la postura del pie, la edad y el sexo afectaban los parámetros espacio-temporales en todos los participantes. También se evaluó el efecto de las puntuaciones del dominio físico del cuestionario OxAFQ_C, la edad y el sexo en los parámetros espacio-temporales dentro del grupo PFF.

Se realizó un análisis estadístico para comparar los resultados entre los grupos PFF y PN y para correlacionar las puntuaciones del cuestionario con los ángulos de las articulaciones durante la marcha.

Los resultados fueron, se clasificaron 42 sujetos con pie plano flexible (PFF) y 41 sujetos con pie normal (PN) en el estudio. No se encontraron diferencias significativas en la edad media o el índice de masa corporal (IMC) entre los grupos, pero hubo una mayor proporción de mujeres en el grupo PFF. Hubo una tendencia a una velocidad de marcha más lenta y una longitud de zancada normalizada reducida en el grupo PFF en comparación con el grupo PN, aunque no alcanzaron significación estadística.

La regresión lineal múltiple mostró que una puntuación reducida en el dominio físico del cuestionario OxAFQ_C fue un predictor significativo de una velocidad de marcha reducida y una longitud de zancada normalizada reducida en el grupo PFF.

Las puntuaciones en todos los dominios del cuestionario OxAFQ_C fueron significativamente más bajas en el grupo PFF en comparación con el grupo PN, especialmente en el dominio físico.

En términos de cinemática, se observaron diferencias significativas en la inversión/eversión del retropié y la pronación/supinación del antepié entre los grupos PFF y PN. Los niños con PFF mostraron una eversión del retropié significativamente mayor durante la fase de apoyo de la marcha en comparación con el grupo PN.

En relación con la calidad de vida, se encontró una correlación negativa fuerte entre las puntuaciones del dominio físico del cuestionario y la supinación del antepié. Además, se encontró una correlación significativa entre la inversión mínima del retropié y las puntuaciones del dominio físico.

Estos resultados destacan las diferencias en la cinemática, los parámetros espacio-temporales y la calidad de vida entre los niños con PFF y PN, lo que sugiere que el pie plano flexible puede tener un impacto en la función y la calidad de vida de los niños afectados.

A modo de conclusión, los resultados de este estudio han demostrado que existe una asociación entre la función dinámica del pie plano y el deterioro de la calidad de vida, según lo evaluado por el cuestionario OxAFQ_C. Estos hallazgos indican que a medida que aumenta el grado de eversión máxima del retropié y la supinación del antepié durante la marcha, se produce un mayor deterioro de la calidad de vida. Por lo tanto, refieren que es importante prestar atención a estas características específicas de la marcha durante la evaluación clínica y el tratamiento de niños con pie plano.

8- “¿Los pies planos flexibles están asociados con problemas en las articulaciones proximales en los niños?” (“Are flexible flat feet associated with proximal joint problems in children?”)

Autores: Kothari A, Dixon PC, Stebbins J, Zavatsky AB, Theologis T. Gait Posture. 2016 Mar; 45:204-10.⁽⁷⁰⁾

El objetivo del este estudio fue investigar la relación entre la altura del arco y las articulaciones proximales en niños. El objetivo principal fue determinar la asociación de síntomas de la articulación proximal con la postura del pie. El objetivo secundario fue identificar, utilizando el análisis tridimensional de la marcha (3DGA), cualquier

factor biomecánico que pudiera explicar cómo se pueden causar los síntomas. Las hipótesis de este estudio fueron, en primer lugar, que los niños con una altura del arco reducida tenían más probabilidades de tener síntomas en las articulaciones proximales y, en segundo lugar, que los niños con síntomas y una altura del arco reducida demostrarían una cinemática y una cinética de la marcha alteradas, especialmente en el plano transversal de la rodilla y la cadera.

Se seleccionaron 95 niños de entre 8 y 15 años (45 niñas, 50 niños; edad = 11.0 ± 2.9). Los criterios de inclusión fueron una postura neutral (PN) o un pie planoflexible (Flexible flat feet/PPF) según la evaluación clínica y la ausencia de uso simultáneo de ortesis en el calzado. Los criterios de exclusión fueron la presencia de otras patologías musculoesqueléticas concurrentes o cirugías previas en la columna vertebral o las extremidades inferiores. La mayoría del grupo de pies planos se reclutó en la clínica de ortopedia y fueron referidos debido a sus pies planos (ya sea sintomáticos o asintomáticos). La mayoría de los controles con postura neutral se reclutaron en la comunidad. La clasificación de la postura del pie se utilizó el IA como una medida objetiva continua de la postura del pie.

Como parte de una evaluación clínica estándar, se evaluó la flexibilidad de cada niño utilizando la escala funcional de las extremidades inferiores (LowerLimbAssessment Score /LLAS) y se calculó el índice de masa corporal (IMC). También se le preguntó a cada niño sobre la frecuencia de dolor/malestar en las rodillas y caderas/espalda durante el último mes utilizando una escala Likert de 5 puntos (nunca = 1, raramente = 2, a veces = 3, a menudo = 4, a diario = 5).

Cada sujeto se sometió a un análisis tridimensional del movimiento utilizando un sistema de cámaras infrarrojas. Se utilizaron los conjuntos de marcadores Oxford FootModel (OFM) y plug-in-gait (PiG), y se capturaron las trayectorias de los marcadores de las extremidades inferiores. Los datos de la fuerza de reacción del suelo se midieron utilizando tres plataformas de fuerza. Los sujetos caminaron descalzos a una velocidad autoseleccionada a lo largo de una pasarela de 10 m. Todos los datos se recopilaron utilizando el software. La recolección de datos continuó hasta obtener un mínimo de tres impactos limpios en las plataformas de fuerza para cada pie.

Los resultados entre la relación entre la altura del arco y los síntomas articulares proximales, de los 95 niños evaluados, treinta y siete (39%) presentaron síntomas en la rodilla y treinta y tres (35%) presentaron síntomas en la cadera/espalda. Se encontró una asociación significativa entre el IA y los síntomas de la rodilla. También

se observó una asociación significativa entre el IA y los síntomas de cadera/espalda. Además, se encontró que el IMC tenía una asociación significativa con los síntomas de cadera/espalda. Sin embargo, no se encontró una relación entre el aumento de las puntuaciones de LLAS y un aumento en las probabilidades de síntomas en las articulaciones proximales.

Los resultados, en cuanto a la relación entre la postura del pie y los parámetros de la marcha, se encontraron las siguientes asociaciones significativas. La fuerza de reacción vertical del suelo, en la segunda región de interés (VMax2) de los gráficos de fuerza de reacción vertical del suelo (VGRF) tuvo una asociación significativa con el IA bajo. Un IA bajo se asoció con una reducción de la VMax2.

En relación a la cinemática de miembros inferiores, la rotación externa máxima de la pelvis (PERMax) se asoció significativamente con el IA bajo. Una postura más plana del pie se asoció con un aumento de la rotación externa pélvica en la posición tardía. El varo de la rodilla en apoyo medio (KVarMid) se asoció significativamente con el IA bajo. Una postura más plana del pie se asoció con un aumento del valgo de la rodilla en la mitad de la posición.

La cinética de miembros inferiores, tuvieron una asociación significativa con el IA bajo: momento máximo de extensión de cadera reducido, segundo momento máximo en varo de la rodilla y momento máximo de rotación interna de la rodilla. Se observó que la edad, el sexo, el índice de masa corporal y la velocidad de la marcha también tuvieron asociaciones significativas con varios parámetros cinemáticos, cinéticos y de fuerza de reacción vertical del suelo.

En cuanto a la relación entre los parámetros cinemáticos/cinéticos y los síntomas articulares proximales, se encontró lo siguiente, en el grupo de pie plano, ninguna de las variables cinemáticas y cinéticas significativas tuvo una relación significativa con la presencia o ausencia de síntomas en miembros inferiores.

A modo de conclusión, se observó que los niños con una postura de pie más plana tienen una mayor probabilidad de experimentar dolor o molestias en la cadera, rodilla y espalda. Al utilizar la tecnología de análisis tridimensional de la marcha (3DGA), se encontró que varias variables cinemáticas y cinéticas se correlacionaban con la altura del arco del pie, pero estos resultados no concordaban con las teorías patomecánicas predominantes. Se descubrió que la mayoría de los hallazgos cinéticos positivos podrían explicarse por la reducción en el segundo pico de la fuerza de reacción vertical del suelo. Sin embargo, debido a la falta de comprensión explícita sobre cómo la postura de pie plano se relaciona con los síntomas en las articulaciones proximales,

resulta difícil planificar y administrar el tratamiento de manera efectiva. Por lo tanto, se necesita realizar más investigación en esta área para obtener una mejor comprensión y abordar adecuadamente estos síntomas.

9- “Análisis de la marcha del pie plano sintomático en niños: un estudio observacional” (“*Gait Analysis of Symptomatic Flatfoot in Children: An Observational Study*”)

Autores: Kim HY, Shin HS, Ko JH, Cha YH, Ahn JH, Hwang JY. Clin Orthop Surg. 2017 Sep;9(3): p.363-373.⁽⁷¹⁾

El propósito de este estudio fue medir el grado de ineficiencia cinética comparando los datos del análisis de la marcha de un grupo de pie plano con un grupo de control normal.

El grupo de pacientes estaba formado por 26 niños (21 varones y 5 mujeres, 50 pies, n = 50, incluidos 2 niños con afectación unilateral) con pie plano sintomático. Fueron examinados con análisis de la marcha entre mayo de 2005 y febrero de 2014. Los criterios de exclusión fueron pacientes con pie plano secundario causado por trastornos neuromusculares, coalición tarsiana, astrágalo vertical u otros. La edad media de los pacientes fue de 9,5 años (rango, 7 a 13 años). Se compararon los datos del análisis de la marcha del grupo de estudio (GE) y el grupo de control normal (GC). El GC normal incluyó a 50 estudiantes universitarios masculinos y femeninos sanos (100 pies, n = 100) que tenían arcos longitudinales mediales completamente desarrollados en sus pies sin antecedentes médicos de enfermedad musculoesquelética. Los voluntarios del GC fueron controlados con anamnesis, examen físico y telemetría de extremidades inferiores. Confirmamos que los voluntarios no tenían anomalías óseas ni enfermedades musculoesqueléticas y tenían pies arqueados normales, ya sea en estado de soporte de peso o en estado de no soporte de peso. La edad media del GC fue de 21,3 años.

Se utilizó radiografía del pie en posición de pie, tanto en proyección anteroposterior (AP) como lateral, para evaluar la gravedad de la deformidad estática en el grupo de pacientes. Se tomaron mediciones de varios ángulos en las imágenes AP, como el ángulo astrágalo-calcáneo, el ángulo talonavicular y el ángulo astrágalo-primer metatarsiano. Asimismo, se midieron el ángulo talo-primer metatarsiano, el ángulo talo-horizontal y el ángulo de inclinación del calcáneo en las imágenes laterales del

pie. En el análisis de la marcha se llevaron a cabo distintas etapas. En primer lugar, se recopilaron los antecedentes y se realizó un examen físico de los pacientes. También se tomaron imágenes de video de la marcha y se capturó el movimiento tridimensional para evaluar la cinemática y la cinética. Antes de realizar el análisis de la marcha, se evaluaron los síntomas de los pacientes.

Se midió el rango de movimiento de cada articulación utilizando un goniómetro, incluyendo la flexión plantar y la dorsiflexión del tobillo. Para medir la dorsiflexión, se invirtió ligeramente el pie para bloquear la articulación subastragalina y evitar cualquier movimiento adicional en dicha articulación. Se tomaron medidas de dorsiflexión del tobillo con la rodilla extendida (ADKE) y con la rodilla flexionada (ADKF). En cuanto a la captura de movimiento tridimensional, se utilizaron marcadores reflectantes pasivos colocados según un conjunto de marcadores modificado conocido como Helen-Hayes. Se utilizó un sistema de cámaras digitales llamado Eagle, compuesto por 6 cámaras, para realizar el seguimiento óptico de los marcadores. Los sujetos caminaron varias veces a una velocidad cómoda en una pasarela de 7 metros de largo, mientras se capturaban sus pasos.

Los resultados de la medición radiográfica, el examen físico, la cinemática y la cinética en el GE y el GC se analizaron estadísticamente.

El examen físico reveló que los síntomas más comunes reportados por el GE fueron dolor, reingua y reingua con dolor. Hubo 8 casos de dolor en 16 pies, 15 casos de claudicación en 29 pies y 3 casos de reingua con dolor en 5 pies. La flexión plantar del tobillo y la flexión dorsal del tobillo con rodilla flexionada promediaron $44,9^\circ$ y $19,3^\circ$ respectivamente en el grupo de pacientes, sin diferencias significativas en comparación con el GC. Sin embargo, la flexión dorsal del tobillo promedió $5,6^\circ$ en el grupo de pacientes, lo cual fue inferior al promedio de 10° en el GE. Esto indica que muchos de los sujetos en el grupo de pacientes tenían tendones de Aquiles acortados.

Al medir las radiografías, se encontró que, en el GE el ángulo talocalcáneo promedió $35,5^\circ$, el ángulo talonavicular promedió $24,0^\circ$ y el ángulo talo-primer metatarsiano promedió $20,2^\circ$ en las imágenes radiográficas de proyección anteroposterior. En las imágenes radiográficas laterales, el ángulo astrágalo-primer metatarsiano promedió $12,0^\circ$, el ángulo astrágalo-horizontal promedió $30,7^\circ$ y el paso calcáneo promedió $11,6^\circ$. Estas medidas radiográficas reflejaron la presencia del pie plano-valgo característico en el grupo de pacientes.

En cuanto a la cinemática de la articulación del tobillo en el plano coronal, la característica más notable fue la presencia de un valgo continuo de 17° del talón

durante la fase de apoyo. Resultados de la cinemática del tobillo, durante la segundamecedora, no se encontró una disminución significativa en el grado de dorsiflexión del tobillo en el grupo de pacientes en comparación con el grupo de control. Tampoco hubo una reducción significativa en la máxima flexión dorsal del tobillo al final de la segundamecedora en el grupo de pacientes en comparación con el GC.

Sin embargo, durante la tercera mecedora, se observó una reducción significativa en el grado de flexión plantar en el GE. Contrariamente a la predicción inicial, la cantidad de dorsiflexión no se redujo y la flexión plantar fue menor en el GE en comparación con el GC. El rango completo de flexión plantar durante la tercera mecedora también fue significativamente menor en el GE en comparación con el GC.

Los resultados de la cinemática de la rodilla, la articulación de la rodilla en el GE mostró una mayor flexión durante todo el ciclo de la marcha en comparación con el GC en el plano sagital. La posición de la rodilla en el contacto inicial de la fase de apoyo y en la fase de apoyo medio fue significativamente más flexionada en el GE en comparación con el GC. Además, la flexión máxima de la rodilla en la fase inicial de balanceo también fue mayor en el GE.

En cuanto a la cinética, se midió la dirección y el grado del vector de fuerza de reacción del suelo (*groundreactionforce* / GRF) en tres dimensiones. Se encontró que el vector GRF vertical en el período de impulso fue menor en el GE en comparación con el GC. Además, la fuerza máxima de frenado y la fuerza máxima de empuje en la fase de apoyo también se redujeron en el GE.

En cuanto al momento y la potencia del tobillo, se encontró que el momento de dorsiflexión interna en la respuesta de carga y el momento máximo de flexión plantar en la postura terminal fueron menores en el GE. La reducción del momento máximo de flexión plantar para el GE fue de aproximadamente el 30% en comparación con el GC. Además, la potencia de la actividad flexora plantar propulsora también se redujo significativamente en el GE.

En conclusión, los resultados indican diferencias significativas en el grado de dorsiflexión, flexión plantar, alineación de la rodilla y cinética del pie entre el GE con pie plano y el GC. Estos hallazgos respaldan la presencia de deformidades características en el pie plano y proporcionan información sobre las alteraciones biomecánicas asociadas. Desde una perspectiva cinética, se encontró que los pacientes con pie plano valgo severo tenían aproximadamente un 30 % de pérdida de

momento y un 45 % de pérdida de potencia en comparación con las personas con pies que conservan los arcos longitudinales.

10- “Los efectos de los pies con arco bajo en la asimetría de los momentos de las articulaciones de las extremidades inferiores durante la marcha en niños: un estudio transversal”

(“Theeffectsoflowarchedfeetonlowerlimbjointsmomentasymmetryduringgait in children: A crossectionalstudy”)

Autores: Jafarnezhadgero A, Majlesi M, Madadi-Shad M. The Foot. 2018:34; p. 63–68.⁽⁷²⁾

Este estudio es un estudio transversal. Catorce niños varones con pie plano flexible (edad media: 10,2 años, altura media: 150,6 cm, peso promedio: 42,6 kg, índice de masa corporal promedio (IMC): 19,1 kg/m²), y 15 niños control sanos emparejados en edad y características físicas (edad media: 10,2 años, talla promedio: 151,4 cm, peso promedio: 43,1 kg, IMC promedio: 18,9 kg/m²) se incluyeron en el estudio.

Los criterios de inclusión para el estudio fueron tener una postura neutra o asintomática de pies planos, con medidas específicas que indicaran dimensiones de arco normales o planas. Los participantes no usaban aparatos ortopédicos en el calzado y los del grupo de arco plano tenían mediciones fuera de dos desviaciones estándar de los valores medios del grupo de arco normal. Se utilizó como medida el índice de altura del arco (IA), definido como la relación de la altura dorsal al 50% de la longitud total del pie dividida por la longitud del pie truncado. Los criterios de exclusión incluyeron antecedentes de cirugía, trauma, discrepancias en la longitud de las extremidades superiores a 5 mm, enfermedad ortopédica, problemas neuromusculares y participación en tareas físicas pesadas o ejercicio en los últimos dos días. Todos los sujetos dominaban el pie derecho según la prueba de patear la pelota.

El aparato utilizado en el estudio constaba de un sistema de seis cámaras y dos plataformas de fuerza. El sistema recopiló datos cinemáticos y cinéticos. Recopilación y análisis de datos cinemáticos y cinéticos se realizaron a través de dieciséis marcadores esféricos reflectantes que se adhirieron bilateralmente a puntos de referencia específicos en los cuerpos de los sujetos. La asimetría del momento

articular en las extremidades inferiores se calculó en función de los puntos de datos exportados. Los sujetos caminaron a una velocidad seleccionada por ellos mismos a través de una pasarela mientras se capturaba su forma de andar. Las placas de fuerza se colocaron en la parte media de la pasarela. Se registraron seis pruebas de caminata para cada sujeto, asegurando que los talones golpearan las placas de fuerza correctamente. Todos los sujetos usaban el mismo modelo de calzado para minimizar la influencia del calzado.

Los resultados se observaron diferencias significativas en la ND izquierdo y derecho y el IA entre los dos grupos. La velocidad de la marcha fue similar entre los grupos de pies normales y planos. Se observaron diferencias estadísticas en la asimetría del momento articular entre los dos grupos para los momentos de inversión y rotación externa del tobillo. El grupo normal exhibió mayor asimetría en los momentos de eversión y rotación externa del tobillo (más del 54% y 36%, respectivamente) en comparación con el grupo de pies planos. Con respecto a los momentos de rodilla, el grupo de pies planos exhibió una mayor asimetría en los momentos de abducción de la rodilla, aducción y rotación interna en comparación con el grupo normal. Si embargo el grupo normal tenía una asimetría significativamente mayor en la flexión de la rodilla en comparación con el grupo de pies planos. Con respecto a los momentos de cadera el grupo de pies planos exhibió mayor asimetría en los momentos de flexión de la cadera y abducción en comparación con el grupo normal. Sin embargo, el grupo normal tenía una asimetría significativamente mayor en la extensión de la cadera en comparación con el grupo de pies planos.

En resumen, los resultados del estudio actual revelaron una diferencia significativa en los momentos articulares de las extremidades inferiores entre individuos con pies normales y pies planos. Los participantes con pies normales mostraron una mayor asimetría y diferencias en los momentos de eversión y rotación externa del tobillo en comparación con aquellos con pies planos. Por otro lado, las personas con pies planos experimentaron más asimetría en los momentos de abducción y aducción de la rodilla, así como en los momentos de rotación interna, flexión y abducción de la cadera, en comparación con el grupo normal. Contrariamente a las hipótesis iniciales, no se encontró que los niños con pies planos tuvieran niveles más altos de asimetría en todos los momentos articulares y planos de movimiento en comparación con el grupo normal.

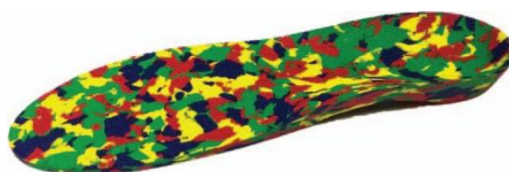
**11- “Efectos a corto plazo de las plantillas de soporte de arco personalizadas en el pie plano flexible sintomático en niños: Un ensayo controlado aleatorizado”
 (“Short-term effects of customized arch support insoles on symptomatic flexible flatfoot in children: A randomized controlled trial”)**

Autores: Hsieh RL, Peng HL, Lee WC. *Medicine (Baltimore)*. 2018 May;97(20).⁽⁷³⁾

El propósito de este estudio prospectivo es examinar los efectos a corto plazo de las plantillas de soporte de arco personalizadas en el PPFS en niños utilizando el marco de la Clasificación Internacional de Funcionamiento, Discapacidad y Salud (CIF, por sus siglas en inglés) controlada aleatoriamente. Los participantes fueron niños que presentaban solo pie plano flexible sintomático (dolor en el pie o la pantorrilla, fatiga después de una caminata prolongada y trastornos de la marcha) que visitaron el Departamento de Medicina Física y Rehabilitación entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de diciembre de 2015. Se excluyeron los niños con antecedentes de lesión o cirugía en el pie, anomalías en el pie que afectan la locomoción o la movilidad del pie, o un diagnóstico confirmado de retrasos en el desarrollo, como trastorno de coordinación del desarrollo y déficits neurológicos.

Los criterios clínicos y radiológicos para el diagnóstico del pie plano flexible fueron una puntuación total de hiper movilidad de Beighton de >4, un ND de al menos 6 mm y un FPI de >6. El ángulo de inclinación del calcáneo y el ángulo calcáneo-primer metatarsiano se evaluaron con las imágenes obtenidas en la vista lateral, y el ACTN se evaluaron con las imágenes obtenidas en la vista anteroposterior. Al menos 2 de los 3 ángulos radiográficos deben cumplir los criterios de pie con arco bajo.

Los participantes fueron asignados aleatoriamente al GE (con plantillas personalizadas) o al GC (sin plantillas personalizadas). Cada participante en el GE recibió un par de plantillas termoplásticas con soporte de arco longitudinal medial, que estaban compuestas de etilvinilacetato de alta densidad (Figura 30) fueron utilizadas durante 12 semanas. 52 participantes (28 niños y 24 niñas). Las edades medias de los



niños en los grupos de tratamiento y control fueron $6,9 \pm 0,6$ y $6,2 \pm 0,4$ años

Figura 30. Plantilla con soporte de arco longitudinal medial.

Se les indicó que usaran las plantillas dentro de zapatos cómodos seleccionados por ellos mismos con suela plana, contrafuerte rígido de tacón alto y puntera ensanchada con velcro. Durante 1 hora el primer día hasta ir aumentando su uso durante al menos 5 horas por día, tanto como fuera posible, siempre que usaran zapatos. También se sugirió a los niños del grupo de control que usaran zapatos cómodos seleccionados por ellos mismos durante al menos 5 horas al día durante el período de intervención.

La evaluación clínica inicial registró la información general, la edad y el sexo, y el índice de masa corporal. Actividades y participación como, actividad física y función físicase evaluó mediante pruebas objetivas. Se midió el tiempo empleado en las pruebas de marcha normal y rápida de 10 m, subida de escaleras, cronometrado de subida y bajada y subida de silla con la prueba TUG. La función física se midió utilizando el Instrumento de recopilación de datos de resultados pediátricos informado por los padres (*Pediatric Outcome Data Collection Instrument/ PODCI*). Solo se tomaron 4 dominios de la función física en el PODCI: extremidad superior y función física, transferencia y movilidad básica, deportes y función física, y función global. El puntaje para cada escala varía de 0 a 100, donde 100 representa el funcionamiento más alto.

Las propiedades psicométricas (funciones y estructuras corporales) se evaluaron utilizando los 2 dominios del PODCI, dolor/comodidad y felicidad, y el Inventario de calidad de vida pediátrica: escala básica genérica (*Pediatric Quality of Life Inventory- Generic Core Scale/ PedsQL*) formato informado por los padres, para la calidad de vida relacionada con la salud.

Los resultados de la intervención en el grupo de tratamiento, 24%, 67% y 10% de los niños usaban zapatos con plantillas por menos de 5 horas por día, entre 5 y 10 horas por día y más de 10 horas por día, respectivamente; por el contrario, el 22%, el 74% y el 4% de los niños del grupo de control usaron zapatos durante los períodos correspondientes. En el grupo de tratamiento, el 76,2 % de los participantes informó una mejoría en sus síntomas relacionados con el pie plano flexible después de usar plantillas durante 12 semanas, mientras que el 23,8 % no informó cambios en sus síntomas. En comparación con el grupo de control, el grupo de tratamiento exhibió puntuaciones iniciales significativamente más bajas para la transferencia y la movilidad básica (82,1 frente a 94,2), salud física (62,3 frente a 79,2), salud psicosocial (65,6 frente a 73,8) y salud total (67,5 frente a 74,6).

Las medidas de resultado dentro y entre los 2 grupos y la eficiencia de los 2 grupos, demostraron en comparación con las puntuaciones iniciales, el grupo de tratamiento tuvo una mejora significativa en la marcha rápida, la transferencia y la movilidad básica. Las pruebas objetivas de actividad física revelaron que, en comparación con el grupo de control, el grupo de tratamiento exhibió una mejora significativa en el tiempo de ascenso de escaleras. En comparación con el grupo de control, se observó una mejora del grupo de tratamiento en la transferencia y la movilidad básica medidas por PODCI (10,6) y la salud física evaluada por PedsQL (12) a las 12 semanas de seguimiento. Para el análisis de eficiencia, la eficiencia fue estadísticamente mayor en el grupo de tratamiento que en el grupo de control para la salud física por PedsQL (10,3 % vs -38,9); dolor y comodidad (30,4 % frente a -7,7 %), extremidades superiores y función física (21,6 % frente a -33,3), y transferencia y movilidad básica por PODCI (65,9 % frente a 20,7) a las 12 semanas de seguimiento.

Como conclusión, los niños con PPFS que usaron plantillas personalizadas durante 12 semanas exhibieron mejor dolor/comodidad, salud física, tiempo de ascenso de escaleras, función física y de las extremidades superiores, y movilidad básica y de transferencia, que pertenecen a los dominios de las funciones y estructuras corporales y la actividad y participación en el marco de la CIF. Sin embargo, el uso de las plantillas no mejoró la velocidad de la marcha, los tiempos de prueba de levantarse y levantarse de la silla, las funciones globales y la salud psicosocial. Los efectos no pueden compararse ya que los grupos no eran comparables o los resultados ser por una muestra pequeña.

12- “Diferencias cinemáticas entre pies neutros y planos con y sin síntomas medidos por el Modelo de pie de Oxford” (“Kinematic differences between neutral and flat feet with and without symptoms as measured by the Oxford Foot Model”)

Autores: Kerr CM, Zavatsky AB, Theologis T, Stebbins J. Gait and Posture (2018).⁽⁷⁴⁾

El siguiente artículo investiga los patrones de marcha en pies planos y neutros, con y sin síntomas, para determinar qué parámetros cinemáticos están asociados con pies planos sintomáticos. Se trata de un estudio retrospectivo en el que 106 niños de entre

5 y 18 años fueron evaluados por un fisioterapeuta para determinar la postura del pie. Cada pie se clasificó en uno de cuatro grupos: 98 neutros asintomáticos (NA), 47 planos leves asintomáticos (LM), 29 planos asintomáticos (PA) y 38 pies planos sintomáticos (PPS) bilaterales con datos completos para el análisis. Los síntomas y frecuencia de estos en el grupo fueron: dolor de pie (78%), dolor de tobillo (28%), dolor de rodilla (17%), dolor de cadera (11%), dolor de tendón de Aquiles (14%), fatiga (17%), problemas de equilibrio (22%) y poco desarrollo o colapso del medio pie (55%).

Mediante Plug- In-Gait y Oxford-Foot-Model, se midió la cinemática de la marcha y las fuerzas de reacción del suelo. Se calcularon los valores medios de 14 ángulos articulares de las extremidades inferiores, calculándose tres eventos el momento de apoyar el pie, en la posición intermedia y en el momento de despegar el pie; fueron elegidos por lo que estos se relacionan con diferentes funciones del pie (preparación para la aceptación del peso, soporte máximo de peso y despegue). Cada pie se trató como una muestra independiente.

Los resultados del estudio informan que los niños con PPS caminaban más lento con una longitud de zancada relativa más baja que los otros grupos. Además, se produjeron diferencias significativas en la cinemática entre los grupos en la cadera, la rodilla, el retropié-tibia y el antepié-retropié, pero no en el hallux-antepié. En el momento de apoyo o choque de talón hubo una diferencia entre grupos sintomático y asintomáticos sobre la abducción del antepié en relación con el retropié. El grupo PPS tuvo más eversión de retropié-tibia que en el grupo NA. Al mismo tiempo, en el momento de apoyo intermedio el grupo PPS difería del grupo NA en varios aspectos: mayor flexión de la rodilla (5°), aumento del valgo de la rodilla (3°), aumento de la eversión del retropié-tibia (4°) y aumento de abducción antepié-retropié (8°). La abducción del antepié y retropié del grupo PPS también difería de la PA por 5° . Por último, en el momento de despegue el grupo PA tenía menos aducción antepié-retropié (4°) que el NA, mientras que las diferencias angulares entre los grupos PPS y asintomáticos en la flexión de la rodilla eran mucho mayores (hasta 8° y 13° , respectivamente).

Para finalizar, el movimiento del pie en el plano transversal está estrechamente relacionado con la presencia de síntomas en pies planos, y el grupo de pies planos sintomáticos tenía un antepié significativamente aumentado abducción a lo largo de la fase de apoyo en comparación con todos los grupos asintomáticos, caminaban más despacio y con una longitud de zancada relativa menor. Los pies planos sintomáticos también mostraron diferencias significativas de los grupos asintomáticos (la mayoría

comúnmente los pies neutrales) en términos de flexión de cadera, flexión de rodilla y varo, retropié inversión-eversión y abducción-aducción del antepié; presentaban una mayor flexión de rodilla en la fase de apoyo y despegue del pie. Por otro lado, no hubo diferencias cinemáticas entre los grupos en el hallux-antepié.

13- “El efecto de las plantillas sobre el pie plano sintomático en niños en edad preescolar: Un estudio de seguimiento prospectivo de 1 año” (“The effect of insoles on symptomatic flatfoot in preschool-aged children: A prospective 1-year follow-up study”)

Autores: Chen KC, Chen YC, Yeh CJ, Hsieh CL, Wang CH. *Medicine (Baltimore)*. 2019 Sep;98(36).⁽⁷⁵⁾

Este estudio fue un estudio de cohorte observacional prospectivo. El objetivo de este estudio fue investigar los cambios en las huellas de los niños que usaron plantillas al año de seguimiento en comparación con los de los niños que no usaron plantillas para identificar el efecto de las plantillas en el pie plano sintomático en niños en edad preescolar. Se seleccionaron niños de 3 a 5 años de edad que presentaban signos de pie plano en jardines de infantes en el centro de Taiwán entre marzo de 2010 y diciembre de 2013.

Los datos de las huellas de los niños se recolectaron usando una almohadilla de tinta para huellas para cada pie en una posición de carga del 100 % y se determinó que presentaban signos de pie plano según los síntomas y los hallazgos del examen físico. Se utilizó el índice Chippaux-Smirak (ICS) para determinar si las huellas de los niños estaban asociadas con pie plano. Los criterios fueron $ICS > 62,70\%$ para pie plano e $ICS \leq 62,70\%$ para pie normal. Se recogieron datos básicos de los niños, incluyendo edad, sexo, altura, peso, índice de masa corporal (IMC) y puntuación de Beighton, para evaluar la laxitud articular generalizada. La puntuación total de Beighton es de 9 puntos, y una puntuación > 4 puntos indica laxitud articular.

Las plantillas de calzado modificadas se unificaron para su uso como intervención en este estudio. A los niños del grupo de plantillas se les proporcionó un par de plantillas para usar en sus zapatos. Los materiales principales de las plantillas fueron

polipropileno y etileno acetato de vinilo (Figura 31). Estas, podrían brindar soporte y limitaciones de movimiento a la articulación subastragalina y la parte media del pie.

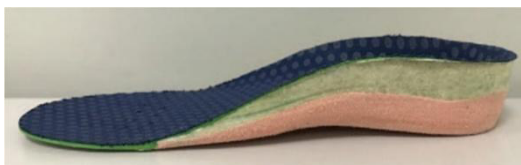


Figura 31. La plantilla utilizada en este estudio.

Se excluyeron niños con antecedentes de lesión musculoesquelética o enfermedad neurológica que afecte la estructura o el movimiento de las extremidades inferiores; corrección anterior o actual con plantillas; y la imposibilidad de completar la recolección de huellas.

Fueron asignados 123 niños con síntomas que usaran plantillas para el tratamiento (grupo de plantillas), y 343 niños sin síntomas se asignaron al grupo de control (el grupo sin plantillas) para comparar. Este estudio usó la plantilla de calzado modificada como intervención, y el ICS midió y siguió los cambios en las huellas después de 1 año.

Los resultados al inicio, el ICS de los niños del grupo de plantillas fue mayor que el de los niños del grupo sin plantillas, con una diferencia significativa entre los 2 grupos. En el seguimiento de 1 año, el cambio medio en el ICS del grupo de plantillas fue mayor. El ICS del grupo con plantilla disminuyó un 9,6 % y el del grupo sin plantilla disminuyó un 6,1 %. No hubo diferencia significativa en el ICS entre los 2 grupos en el seguimiento de 1 año. Las huellas de los pies derecho e izquierdo se examinaron como datos independientes y se recogieron un total de 932 huellas en el seguimiento de 1 año. En total, se incluyeron en el análisis 232 huellas en el grupo con plantilla y 582 huellas en el grupo sin plantilla. En el grupo sin plantilla, el ICS disminuyó un 7,0 % en el seguimiento de 1 año y los cambios en el ICS a distintas edades fueron significativos. El ICS disminuyeron con el aumento de la edad, del 8,3 % en niños de 3 años al 4,7 % en niños de 5 años. En el grupo de plantillas, el ICS se redujo en un 9,7 % al año de seguimiento y los cambios en el ICS a distintas edades. El ICS aumentaron con el aumento de la edad, del 7,0 % en niños de 3 años al 11,7 % en niños de 5 años.

Las huellas de todos los niños se dividieron en un grupo de pie plano (las huellas permanecieron planas) y un grupo normal (las huellas se determinaron como

normales) en el seguimiento de 1 año. En el grupo sin plantilla, el 37,6% (219/582) de las huellas fueron asignadas al grupo normal. El ICS del grupo normal disminuyó un 14,0 % al año de seguimiento y el del grupo con pie plano disminuyó un 2,7 %. Hubo diferencias en el peso e IMC entre el grupo de pie plano y el grupo normal; la proporción de niños con sobrepeso fue mayor en el grupo de pie plano (39,7%, 144/363). Esta diferencia indicó que el 35,1% de los niños del grupo sin plantilla experimentaron laxitud articular, y no hubo diferencia estadística entre el grupo de pie plano y el grupo normal al año de seguimiento. En el grupo de plantilla, el 34,1% (79/232) de las huellas se asignaron al grupo normal, y la proporción aumentó con el aumento de la edad, del 25,6% de los niños de 3 años al 40,8% de los niños de 5 años. El ICS el grupo normal disminuyó un 17,5% y el del grupo con pie plano disminuyó un 5,7%. Además del peso y el IMC, también hubo diferencias significativas entre grupos normales y de pie plano. Los resultados mostraron que el 34,5% de los niños del grupo de plantillas experimentaron laxitud articular, y el 43,1% (66/153) de estos niños estaban en el grupo de pie plano. Los niños eran más pequeños y la proporción de niños varones era mayor en el grupo de pie plano que en el grupo normal.

Como conclusión, refieren que, aunque el pie plano en niños en edad preescolar puede resolverse espontáneamente con el aumento de la edad, el uso de plantillas puede reducir los signos de pie plano en niños en edad preescolar con pie plano sintomático y, por lo tanto, el uso de plantillas puede mejorar los signos de pie plano en niños en edad preescolar y que el efecto es mejor en niños de 5 años.

14- “Relaciones entre las proporciones musculares relativas del tobillo, la gravedad de los síntomas y los parámetros radiológicos en pacientes adolescentes con pie plano flexible sintomático” (“Relationships Between RelativeAnkleMuscle Ratios, SeverityofSymptoms, and RadiologicParameters in AdolescentPatientsWithSymptomatic Flexible Flat Feet”)

Autores:Shin Y, Ahn SY, Bok SK. Ann RehabilMed. 2021 Apr;45(2):123-130. ⁽⁷⁶⁾

El siguiente artículo tiene como objetivo investigar las diferencias en los tamaños relativos de los músculos estabilizadores del tobillo en personas con pie plano flexible

versus sin pie plano flexible y determinar los predictores de la gravedad de los síntomas.

Este estudio transversal incluyó un total de 54 participantes entre 10 y 20 años de edad. Los criterios de diagnóstico de los 30 pacientes con pie plano flexible sintomático fueron los siguientes: (1) clínicamente compatibles con la definición de pie plano flexible; (2) índice de postura del pie (FPI) >5 ; (3) ángulo de posición en reposo del calcáneo (APRC) $<-4^\circ$ o $>4^\circ$; la presencia de dolor en el pie (escala de calificación numérica ≥ 2) causado por pies planos.

El grupo de control incluyó a 24 voluntarios. Los criterios de inclusión fueron: (1) ausencia de dolor y disfunción del pie; (2) FPI ≥ 0 y ≤ 5 ; y (3) APRC $\geq -4^\circ$ y $\leq 4^\circ$. Para ambos grupos, se excluyeron individuos con enfermedades neurológicas u ortopédicas que pudieran causar un trastorno de la marcha.

Se evaluó en los grupos el FPI, APRC, hallazgos radiográficos como la inclinación del calcáneo (IC), ángulo de Meary (AM), ángulo talocalcáneo (ATC), ángulo de cobertura talonavicular (ACTN). Se tomaron radiografías anteroposterior y lateral de pie para evaluar anomalías anatómicas en pacientes con pie plano. El grupo normal no se sometió a radiografías para evitar costos y riesgos potenciales de radiación. Las siguientes características y el grado de pie plano se midieron en radiografías simples. El índice de función del pie (FFI) y áreas de sección transversal (AST) del tibial anterior (TA), tibial posterior (TP) y peroneo largo (PL) en la ecografía. Para abordar las diferencias morfométricas entre los participantes, las medidas musculares individuales se normalizaron a proporciones de la AST muscular total.

Los resultados analizados muestran una diferencia significativa entre las proporciones de AST inversor y eversor del tobillo para individuos normales y para aquellos con pies planos. Además, a medida que disminuía la inclinación del calcáneo, aumentaba la relación TA y disminuía la relación PL; La relación PL aumentó a medida que aumentó el AM.

En el análisis de correlación de la gravedad de los síntomas, los parámetros radiográficos y las proporciones relativas de los músculos del tobillo, se encontraron correlaciones significativas entre la gravedad de los síntomas y el ACTN, la IC, el AM, la relación TA y la relación PL. En particular, se confirmó una fuerte correlación con ACTN, que indica abducción del antepié. El análisis de regresión lineal se realizó con cinco mediciones; los resultados mostraron que la relación ACTN y PL fueron las más efectivas para predecir la gravedad de los síntomas. Los resultados del presente estudio sugieren que las ortesis para limitar la abducción del antepié o los

ejercicio terapéuticos para fortalecer el PL pueden mejorar los síntomas en pacientes con pie plano flexible.

Las limitaciones de este estudio consisten, en primer lugar, en el número de participantes del grupo control que fue relativamente pequeño y la edad media fue mayor que la del grupo de pacientes. En segundo lugar, de un posible error en la confirmación del AST de TP por ultrasonido utilizando la técnica por el abordaje anterior. En tercer lugar, en relación al inicio de la afección habría ambigüedad con respecto a si el inicio informado fue cuando el paciente se quejó por primera vez de los síntomas o cuando se descubrió la anomalía del pie. Cuarto lugar, la mayoría de los pacientes que participaron en este estudio tenían síntomas de dolor y ligera restricción solo al caminar largas distancias. Por lo tanto, es posible que el FFI no fuera lo suficientemente sensible al evaluar el grado de dolor y deterioro funcional causado por los pies planos flexibles en este grupo.

En conclusión, los pacientes con pie plano flexible tenían una mayor proporción de tobillos invertidos y una menor proporción de tobillos evertidos que los individuos sin pie plano. Estas diferencias se correlacionaron significativamente con la gravedad (parámetros y síntomas del pie plano). El hallazgo de diferencias en el desarrollo de los músculos del tobillo con diferencias en la postura del pie tiene valor diagnóstico en el tratamiento y evaluación de pacientes con pie plano flexible sintomático.

15- “Resultados clínicos y radiológicos de ejercicios correctivos y estimulación eléctrica neuromuscular en niños con pie plano flexible: un ensayo controlado aleatorizado” (“Clinical and radiological outcomes of corrective exercises and neuromuscular electrical stimulation in children with flexible flatfeet: A randomized controlled trial”)

Autores: Amira M Abd-Elmonem, Emam H El-Negamy, Mahmoud A Mahran, Asmaa T Ramadan. *GaitPosture*. 2021 Jul; 88: 297-303.⁽⁷⁷⁾

El presente estudio tuvo como objetivo investigar los resultados clínicos y radiológicos de los ejercicios correctivos y estimulación eléctrica neuromuscular (*Neuromuscular electrical stimulation/ NMES*) a través del índice del arco de Staheli (IS), ND y los índices radiográficos en niños con PPF. Se llevó a cabo un ensayo controlado

aleatorio doble ciego realizado del 1 de septiembre de 2018 al 31 de diciembre de 2019 en la Clínica de fisioterapia para pacientes ambulatorios de la Facultad de fisioterapia de la Universidad de El Cairo. La participación de los niños se encargó solicitando a su tutor legal que firmara un formulario de consentimiento antes de la recopilación de datos.

En este estudio participaron niños con desarrollo típico de edades comprendidas entre los 7 y los 12 años de ambos sexos (31 niños y 35 niñas). Los criterios de inclusión fueron (i) diagnosticado (por un ortopedista) con PPF asintomático, (ii) ND de más de 9 milímetros (mm), (iii) grado de pie plano de grado III (ancho del medio pie superior al ancho del antepié). Los criterios de exclusión fueron (i) deformidades congénitas de las extremidades inferiores (p. ej., genu valgo, anteversión femoral), (ii) cicatrices/anomalías óseas. Fueron incorporados 72 niños voluntarios de escuelas gubernamentales en las provincias de El Cairo y Giza. El software GraphPad en línea se utilizó para asignar a los participantes del estudio al grupo de intervención (ejercicio correctivo y NMES) o al grupo de control (ejercicio correctivo y NMES simulado), 36 niños en cada grupo. La aleatorización fue realizada por una persona independiente, que desconocía el protocolo del estudio y no controlaba el estudio. Todos los niños/tutores legales, radiólogos e investigadores responsables de las evaluaciones desconocían la asignación de los participantes.

Las mediciones primarias se realizaron a través de IS, se obtuvo la huella bilateral y se calculó dividiendo el valor del ancho máximo del medio pie por el valor del ancho máximo del talón con una proporción de más de 1,15 que indica pie plano. Además, se utilizó para evaluar la cantidad de pronación del pie ND para medir la altura estática del navicular. La caída del navicular de más de 9 mm representaba un tipo de pie en pronación, de 5 a 9 mm un pie neutro y de menos de 5 mm un pie en supinación.

Las mediciones secundarias se realizaron con Índices RX, mediante vistas bilaterales anteriores y laterales obtenidas con el niño en posición erguida bípeda y relajada. El ACTN y el ángulo astrágalo-segundo metatarsiano (*talus-secondmetatarsalangle/T2MA*) se midieron en la vista anterior con valores grandes que indican un pie más plano. El ángulo del primer metatarsiano calcáneo A1MC y el ángulo de inclinación del calcáneo (AIC) se midieron en la proyección lateral valores más bajos del AIC y valores mayores del A1MC indican unos pies más planos.

La intervención se realizó tres veces por semana durante cuatro meses consecutivos. Ambos grupos realizaron cinco ejercicios de fortalecimiento diseñados durante 60 minutos con cada ejercicio realizado durante 30 repeticiones manteniendo cada

repetición durante 5 s. Los ejercicios se realizaron sentándose con las articulaciones de la cadera, la rodilla y el tobillo a 90° con el pie no ejercitado mantenido detrás del pie ejercitado. Los ejercicios progresaron de estar sentado a soportar peso a la bipedestación y, finalmente, de estar de pie con una sola extremidad cuando él/ella podía completar cada ejercicio correctamente sin reportar dolor muscular significativo al día siguiente de los ejercicios. Estos fueron:

- Ejercicio de pie corto: Contraer los músculos intrínsecos del pie para llevar las cabezas de los metatarsianos hacia el calcáneo sin flexionar los dedos ni contraer los músculos extrínsecos del pie.
- Ejercicio de extensión de los dedos de los pies: Extender y abducir los cinco dedos de los pies, luego flexionar los dedos primero y quinto hacia el piso mientras se mantienen los tres dedos del medio extendidos durante 5 s y luego relajarse.
- Dedos de los pies–ejercicio de extensión: Extensión de los cuatro dedos laterales mientras el dedo gordo del pie permanece plano en el suelo.
- Ejercicio para doblar los dedos de los pies: Manteniendo los talones en el suelo, recoger las bolitas flexionando la articulación interfalángica y metatarsofalángica.
- Fortalecimiento muscular tibial posterior: Los ejercicios incluyeron ejercicios de resistencia de aducción de pies y supinación. El ejercicio de fuerza de aducción del pie se llevó a cabo sentado con las articulaciones de las rodillas flexionadas 80° y los pies en el suelo (separados a la altura de los antebrazos). Luego se enrollaron bandas elásticas (Theraband, Alemania) alrededor de los lados del pie ejercitado, se ataron y se tiraron lateralmente en un ángulo de 45° en relación con el suelo. A lo largo de este ejercicio, los pies se mantienen en contacto con el suelo y deslizan el pie como si estuviera barriendo el piso. Para el ejercicio de resistencia de supinación del pie, cada niño se puso de pie con el pie ejercitado colocado sobre el escalón con la articulación de la rodilla mantenida en ligera flexión y luego se le pidió que colocara la parte medial del talón y la base del tercer metatarsiano en el borde del escalón para realizar la supinación del pie.

El grupo de intervención recibió NMES durante 30 minutos con el objetivo de reforzar los músculos intrínsecos plantares. La técnica bipolar se utilizó con electrodo activo en el punto motor del músculo (abductor hallux; mayor área de sección transversal de los músculos intrínsecos del pie) mientras que el electrodo pasivo se colocó detrás de la cabeza del primer metatarsiano. La corriente pulsada de alto voltaje se ajustó a una frecuencia de 85 Hz con un tiempo de contracción de 5 s y un tiempo de descanso de

12 s, mientras que el tiempo de aceleración y desaceleración fue de 0,3 y 0,7 respectivamente. La intensidad de la corriente se ajustó en función de la tolerancia individual sin reportar dolor o molestias al estar de pie sobre ambos pies. El grupo de control recibió NMES simulado sin estimulación de corriente (la intensidad de corriente se fijó en 0 mA).

Los principales resultados del estudio indicaron que, los niños del grupo de intervención (recibieron ejercicios correctivos y NMES) produjeron mejoras clínicas y radiológicas significativas en comparación con el grupo de control (que recibió los mismos ejercicios correctivos y una NMES simulada).

Se cotejó el IS derecho e izquierdo, ND, los índices radiológicos con el nivel significativo de las comparaciones entre grupos, así como dentro de los grupos, antes y después del tratamiento. La comparación entre grupos no reveló diferencias significativas en todos parámetros antes del tratamiento ($p > 0,05$). La comparación entre grupos mostró una disminución significativa del IS derecho e izquierdo, ND, los ángulos A1MC, T2MA y TNCA con un aumento significativo en el ángulo CIA de los grupos de estudio después del tratamiento en comparación con antes del tratamiento ($p < 0,05$). Después del tratamiento se observó una disminución significativa IS derecho e izquierdo, ND, los ángulos C1MA, T2MA y ACTN con aumento significativo del ángulo AIC del grupo de intervención en comparación con el del grupo de control ($p > 0,05$).

El estudio tuvo algunas limitaciones como, la falta de seguimiento tras la finalización de la intervención. En segundo lugar, el estudio se limitó a niños con pies planos flexibles asintomáticos. En tercer lugar, los participantes eran una muestra relativamente homogénea y sana, lo que puede limitar los resultados a sujetos con trastornos musculoesqueléticos y neurológicos a individuos con diferentes morfologías del arco plantar. Por último, los procedimientos de evaluación representaban la postura estática del pie. Por lo tanto, los autores recomiendan más estudios sobre los efectos de la intervención en niños y adolescentes con pie plano flexible sintomático. También se recomienda estudiar el efecto de la intervención sobre la postura dinámica del pie.

A modo de conclusión, según los resultados del presente estudio, se recomienda que fisioterapeutas y otros profesionales de la salud deberían considerar el efecto de la aplicación de ejercicios correctivos y NMES para mejorar el arco del pie en niños con pie plano flexible asintomático.

16- “Efectos de los ejercicios pliométricos frente a los ejercicios correctivos de pie plano sobre el control postural y la postura del pie en niños obesos con pie plano flexible” (*“EffectsofPlyometricExercises versus FlatfootCorrectiveExerciseson Postural Control and FootPosture in ObeseChildrenwith a Flexible Flatfoot”*)

Autores:Allam HH, Muhsen A, Al-Walah MA, Alotaibi AN, Alotaibi SS, Elsayyad LK.ApplBionicsBiomech. Published. 2021 Oct 31; 2021: p.1-8.⁽⁷⁸⁾

Se realizó un ensayo controlado aleatorio para investigar el efecto de los ejercicios pliométricos con ejercicios correctivos de pie plano sobre el equilibrio, la postura del pie y la movilidad funcional en niños obesos con pie plano flexible. Este fue un ensayo clínico aleatorizado del diseño de grupos paralelos, doble ciego. El estudio se realizó en el laboratorio de equilibrio de la Facultad de Ciencias Médicas Aplicadas. Se inició el 15 de enero de 2021.

Una muestra de 47 niños varones participó en el estudio actual sin tener participantes mujeres debido a los problemas culturales y el orden de la sociedad en Arabia Saudita. Los participantes fueron seleccionados al azar de diferentes escuelas primarias en Taif, Arabia Saudita. Su edad oscilaba entre los 7 y los 11 años. Inicialmente, un examinador especialista realizó una evaluación exhaustiva de todos los participantes. Estaba cegado por la división de los grupos. Los criterios de inclusión son los siguientes: todos los niños fueron clasificados como obesos (su percentil de IMC es igual o superior al percentil 95). Los participantes no estaban involucrados en entrenamiento de fuerza, equilibrio o deportes competitivos con el objetivo de mejorar la fuerza muscular o el equilibrio. Todos los participantes tenían problemas de equilibrio y un pie plano móvil. Su grado de deformidad de pie plano según ND osciló entre 16 y 19 milímetros en todos los participantes. Los criterios de exclusión fueron los siguientes: los niños fueron excluidos cuando tenían una lesión previa en el miembro inferior que requirió atención médica o tenían otras condiciones de confusión, como deformidad o cirugía en el miembro inferior o discapacidad visual. Además, fueron excluidos si participaron en programas de tratamiento de la obesidad tres meses antes del estudio.

Se utilizó una técnica de aleatorización simple. Después de recopilar las medidas de referencia, los participantes se asignaron aleatoriamente en tres grupos: el grupo

experimental I (GEI) contenía 16 participantes, el grupo experimental II (GEII) contenía 16 participantes y el grupo de control (GC) contenía 15.

La recopilación de datos demográficos fue la siguiente: se utilizó una encuesta especialmente diseñada para recopilar datos demográficos de todos los participantes, como la edad, el peso y la altura. Se evaluó, además, el equilibrio estático utilizando el sistema Prokin (PK 252, TecnoBodySrl, Italia). La evaluación del equilibrio se basa en el grado de balanceo postural utilizando una tabla basculante. Antes de la evaluación real, todos los participantes participaron en ciertas sesiones prácticas y se les ilustraron todos los procedimientos para familiarizarse con los procedimientos de prueba y el dispositivo de equilibrio. Hay cuatro variables que se midieron para todos los participantes al principio y al final del estudio con ojos abiertos: área del perímetro (mm), área de la elipse (mm²), desviación estándar hacia atrás y hacia adelante y desviación estándar medial- lateral. Se suma el Test de caída de navicular para evaluar el grado de deformidad del pie plano. La movilidad funcional se evaluó mediante la prueba *timed up and go* (TUG) para detectar la movilidad funcional de los participantes, la prueba se ejecutó tres veces y se tomó el valor promedio.

El GEI recibió un programa de ejercicios pliométricos. La GEII recibió los ejercicios correctivos. El GC no participó en ninguna actividad física planificada durante el período de intervención, pero persistió en sus actividades físicas tradicionales. Los ejercicios diseñados se aplicaron dos sesiones por semana con tres días de descanso entre ellas

durante 10 semanas. La sesión comenzó con 5 minutos de calentamiento y finalizó con 5 minutos de enfriamiento en forma de suaves estiramientos de los músculos de las extremidades inferiores. Todos los participantes participaron en ciertas sesiones prácticas al comienzo del estudio para familiarizarse con todos los procedimientos de intervención. Adicionalmente, el supervisor enfatizó la correcta aplicación de los ejercicios.

- Los ejercicios pliométricos seleccionados y sus repeticiones se ilustran en tabla 6. Los realizaron sobre una alfombra esponjosa para la absorción de impactos. Se hizo hincapié en que todos los participantes deben bajarse de los saltos de puntillas y las actividades de carga deben realizarse con control de la pronación del pie. Los saltos se dividieron en cinco sets y se dieron descansos de dos minutos entre cada set y el otro.
- Los ejercicios y actividades correctivos seleccionados se ilustran en Tabla 7.

Tabla 6. La repetición de ejercicios pliométricos durante el período de intervención. ⁽⁷³⁾

Tabla 7. Ejercicios correctivos y actividades para el pie plano flexible adoptados de Riccio et al. ⁽⁶³⁾ para la

Ejercicio	Repeticiones				
	Semanas 1 y 2	Semanas 3 y 4	Semanas 5 y 6	Semanas 7 y 8	Semanas 9 y 10
Saltos de tijera	6	7	8	9	10
Saltar la soga	8	9	10	11	12
Saltar de lado a lado	6	7	8	11	12
Saltar adelante y atrás	6	8	10	11	13
Salto vertical	6	8	10	11	13
Saltar hacia adelante y atrás con pie derecho	6	7	8	9	10
Saltar hacia adelante y atrás con pie izquierdo	6	7	8	9	10
Salto corto hacia adelante y atrás	6	7	8	9	10
Repeticiones totales	50	60	70	80	90

intervención. ⁽⁷⁸⁾

Objetivo	Ejercicios y actividades
Flexibilidad	Ejercicios pasivos de amplitud de movimiento y movimiento global del tobillo y todas las articulaciones del pie; estiramiento de los músculos posteriores de la pierna y peroneo corto.
Fortalecimiento, propiocepción y equilibrio	Músculos tibial anterior y posterior y flexor largo del dedo gordo (para neutralizar el valgo), músculos intrínsecos, interóseos plantares y abductor del dedo gordo (para evitar el aplanamiento del arco anterior); activación/movimiento global de los músculos implicados en el mantenimiento del arco longitudinal medial y el varo; soporte de peso con una sola pierna (con control de pronación); caminar con media punta y talones; descenso de una superficie inclinada.

Los resultados del estudio revelaron que hubo una mejora significativa en todos los parámetros de equilibrio, postura del pie y TUG en GEI. GEII mostró mejoría en el área

de elipse y perímetro además de la postura del pie y TUG sin mejoría en la desviación hacia atrás-adelante y mediolateral.

Se identificó el efecto de los ejercicios pliométricos sobre el equilibrio, los resultados revelaron que el equilibrio mejoró significativamente en la postintervención de GEI. La mejora en las habilidades de equilibrio después de los ejercicios pliométricos puede estar relacionada con el ciclo rápido de estiramiento y acortamiento y combina cambios del centro de gravedad tanto en dirección vertical como horizontal que pueden mejorar el equilibrio y el control postural. Además, la co-contracción mejorada de los músculos de las extremidades inferiores y la mejora en la propiocepción y el control neuromuscular después del entrenamiento pliométrico jugaron un papel en el desarrollo del equilibrio.

Con respecto al efecto de los ejercicios pliométricos en la postura del pie, los resultados del estudio actual revelaron que hubo una mejora significativa en el arco del pie en GEI después del entrenamiento pliométrico. Esta mejora se la atribuyen al mayor desarrollo en la fuerza de los flexores plantares y las propiedades mecánicas después de los ejercicios pliométricos, encontraron un aumento significativo en la actividad del músculo flexor plantar durante la fase concéntrica de los saltos verticales, la relación entre los flexores plantares y el arco longitudinal medial cuando concluyeron que la fatiga de los flexores plantares reduce su acción de supinación y aumenta la pronación del pie.

Con respecto al efecto de los ejercicios correctivos en el arco del pie, los resultados del estudio revelaron que hubo una mejora significativa en la postura del pie en la postintervención GEII. Resultados semejantes en otras investigaciones mencionaron que la terapia de rehabilitación, que depende de la estimulación propioceptiva constante del pie, es probable que logre una mejoría en el arco plantar y corrija la deformidad calcaneovalgo en un pie plano flexible. El entrenamiento propioceptivo es fundamental en la mejora de los circuitos reflejos, lo que es vital para una confianza adecuada en las posiciones estáticas y dinámicas del pie, lo que a su vez mejora el equilibrio y la movilidad funcional.

Con respecto al efecto de los ejercicios correctivos sobre el equilibrio, los resultados del estudio revelaron que hubo una mejora significativa en todas las medidas de equilibrio en GEII después de la intervención, excepto en la desviación hacia atrás-adelante y medio lateral. La mejora en las medidas de equilibrio puede atribuirse a un aumento en la fuerza de los músculos intrínsecos del pie, lo que a su vez mejora la altura del arco y el control postural.

Con respecto a la mejora en la movilidad funcional, los resultados del estudio actual mostraron que hubo una mejora significativa en las puntuaciones de la prueba TUG tanto en GEI como en GEII cuando se comparó con GC al final. La mejora puede estar relacionada con la mejora en las habilidades de equilibrio, la fuerza muscular y la postura del pie que se produjo en ambos grupos experimentales.

**17- “Efecto de las ortesis de pie en niños con pie plano flexible sintomático basado en la ecografía de los músculos inversores y eversores de tobillo”
 (“Effect of Foot Orthoses in Children With Symptomatic Flexible Flatfoot Based on Ultrasonography of the Ankle Invertor and Evertor Muscles”)**

Autores: Cho DJ, Ahn SY, Bok SK. Ann Rehabil Med. 2021 Dec;45(6):459-470. ⁽⁷⁹⁾

El objetivo del presente trabajo fue examinar los cambios en la relación del área transversal (AST) de los inversores y eversores del tobillo luego de la aplicación de ortesis de pie rígida (OR) en niños con PPFs y determinar la correlación entre el grado de cambio en la relación AST y el dolor después de la aplicación de OR.

Este estudio longitudinal se realizó entre julio de 2019 y marzo de 2021. La muestra fue de niños de entre 10 y 18 años que visitaron el Departamento de Medicina de Rehabilitación para pacientes ambulatorios del Hospital Universitario Nacional de Chungnam y se les diagnosticó pie plano flexible sintomático. Los criterios de diagnóstico para el pie plano sintomático fueron los siguientes: (1) APRC < -4°; (2) IC < 18° y AM > 4° en RX del pie; y (3) puntaje de FFI con calificación numérica para dolor de pie o pierna ≥ 2. Se excluyeron los pacientes con discapacidades de la marcha o deformidades del pie, incluidas anomalías óseas como la coalición tarsiana, debido a condiciones neurológicas u ortopédicas. También se excluyeron enfermedades genéticas como el síndrome de Ehlers-Danlos, el síndrome de hiperlaxitud articular benigna y el síndrome de Marfan que pueden causar laxitud de los ligamentos.

Fueron incluidos en este estudio 24 pacientes (15 niños y 9 niñas) de edad media de 12,06 ± 1,24 años en el momento de la participación del estudio y de 13,06 ± 1,24 años en el momento de la reevaluación a los 12 meses de la aplicación de la OR. Se midieron las AST del tibial anterior (TA), tibial posterior (TP) y peroneo largo (PL) mediante ecografía. El AST se midió tres veces para cada músculo, y el valor medio

se utilizó en el análisis. El APRC se utilizó para evaluar la postura del pie, que se calcularon midiendo el ángulo que la bisección del calcáneo, que se marca uniendo los puntos que divide el calcáneo mediante una técnica bimanual mientras el paciente está en decúbito prono, en relación con una línea vertical a una superficie mientras el paciente está de pie recto sobre una superficie plana. Un ángulo PRC positivo en la posición de pie indica supinación, mientras que un ángulo negativo indica pronación.

Se midieron los cambios en las mediciones radiográficas que incluyeron IC, AM, ACTN y ATC usando radiografía y FFI, es un índice autoadministrado que evalúa síntomas como el dolor y la discapacidad en la marcha.

Las OR se hicieron a medida para cada paciente (Figura 32) para tratar PPFs. Se les indicó el uso durante 12 meses y se instruyó a los pacientes para que los usaran en interiores y exteriores, durante al menos 6 horas por día, tanto como fuera posible, sin realizar ejercicios de fortalecimiento de pie debido a que estos ejercicios pueden afectar el desarrollo de los músculos que se medirán en el estudio.

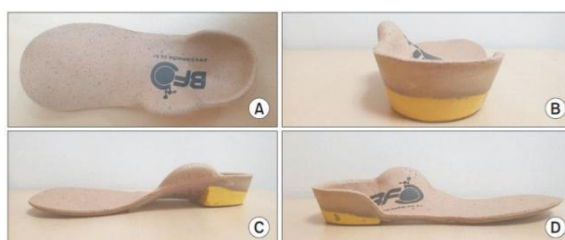


Figura 32. Ortesis rígida de pie hecha a medida. (A) Vista superior. (B) Vista posterior. (C) Vista medial. (D) Vista lateral de la OR.

Se analizaron 48 datos midiendo ambos pies de los 24 niños. Luego, se compararon las proporciones de AST, AST de cada músculo con la suma de AST de TA, TP y PL. Se investigaron las correlaciones entre el grado de cambio en FFI, la relación AST de cada músculo, el APRC y las mediciones radiográficas.

El APRC cambió significativamente de $-8,13 \pm 2,64$ (antes de la aplicación de OR) a $-5,63 \pm 1,89$ (después de la aplicación de OR). En las mediciones radiográficas, se observó un cambio significativo en IC tras la aplicación de OR. AM, ACTN y ATC disminuyeron después de la aplicación de OR, aunque en un grado insignificante.

El FFI medido antes y después de la aplicación de las OR, que mide el dolor y la incapacidad funcional. La puntuación total del FFI disminuyó significativamente de $14,43 \pm 3,93$ a $8,81 \pm 2,23$. En el análisis de subgrupos, las puntuaciones de dolor y discapacidad disminuyeron significativamente de $18,75 \pm 4,56$ a $7,62 \pm 3,72$ y de

10,12±3,87 a 8,06±2,46, respectivamente. Sin embargo, aunque la limitación de la actividad tendió a disminuir de 2,43 ± 0,51 a 2,31 ± 0,47, la disminución no fue significativa.

A los 12 meses de la aplicación de la OR, las AST de la TA y la TP aumentaron ligeramente de 6,95±2,00 a 8,20±1,61 y de 2,62±0,98 a 3,97±0,96, respectivamente, mientras que la PL aumentó significativamente de 3,57±0,90 a 5,72±1,12, lo que puede deberse a que, a diferencia del TA y el TP que se habían desarrollado excesivamente para compensar el exceso de pronación del pie en pacientes con pie plano, el PL estaba subdesarrollada. Cuando se corrigió la postura del pie mediante las OR, es posible que el TA, el TP y el PL empezaran a crecer normalmente, lo que provocó un ligero aumento del AST del TA y el TP y un mayor aumento del AST del PL para alcanzar el crecimiento normal.

Los resultados muestran que los músculos TA, TP y PL mostraron un aumento significativo en AST luego de la aplicación de RO. La relación TA y TP disminuyó significativamente y la relación PL aumentó significativamente después de la aplicación de OR.

A modo de conclusión, las OR podrían reducir las actividades compensatorias de los inversores del tobillo, aumentando así la relación PL, y que el dolor disminuye a medida que aumenta la relación PL. Por lo tanto, son efectivos para reducir el dolor al inhibir el desarrollo anormal causado por el uso excesivo del inversor del tobillo y al facilitar el desarrollo normal de los músculos estabilizadores del tobillo en pacientes con pie plano. Sin embargo, si las proporciones de TA, TP y PL después de aplicar ortesis de pie en pacientes con pie plano son similares a las de las personas con pies normales justifica una mayor investigación.

18- “Cambios radiológicos del uso prolongado de plantillas en el pie plano pediátrico sintomático” (“*Radiologic changes of long term foot insole use in symptomatic pediatric flatfoot*”)

Autores: Kim JY, Kim SA, Kim Y, Hwang I, Heo NH. Medicine (Baltimore). 2023 Mar 10;102.⁽⁸⁰⁾

Este estudio observacional tuvo como objetivo demostrar el efecto del uso a largo plazo de una plantilla para el pie usando radiografía simple como una medida objetiva en niños con PPFS en muestras grandes.

Un total de 292 participantes menores de 18 años y diagnosticados con PPFS en el Departamento de Medicina de Rehabilitación del Hospital OOO. Fueron tratados y seguidos durante un mínimo de 1 año y un máximo de 6 años, periódicamente durante 3 a 4 meses a través de la consulta externa entre noviembre de 2016 y abril de 2022. De los 292 niños con PPFS inscritos para el análisis, se realizó un seguimiento completo de 200 niños y se interrumpió el tratamiento con plantillas para los pies. La proporción de niño a niña fue de 62 a 138. Su edad promedio fue de $6,49 \pm 2,96$ años. Los niños se dividieron en subgrupos según las características de la deformidad en valgo y el descenso del ALM. No hubo diferencia entre el grupo de deformidad en valgo solo y la deformidad en valgo en el grupo ALM bajo. Se aplicaron los siguientes criterios de exclusión: No estar tratados a pesar del diagnóstico de PPFS; Pérdida de seguimiento durante el tratamiento; Cumplimiento deficiente del tratamiento; No evaluado por radiografías de pie, y; Tener antecedentes de tratamiento previo, enfermedad inflamatoria sistémica o defectos estructurales congénitos que puedan afectar la alineación de las extremidades inferiores. Después de la exclusión, los niños fueron tratados con plantillas para los pies.

Se recolectaron datos sobre características generales de los participantes que incluyeron edad, sexo y condiciones de pie plano flexible. Se tomaron radiografías laterales del pie de los niños en el momento del diagnóstico y al final del tratamiento para evaluar los efectos de la aplicación de la plantilla del pie en una posición de pie descalzo. La radiografía lateral del pie se utilizó para la medición radiográfica. El ángulo IC y el AM se midieron en ambos pies. Clínicamente como criterios de pie plano flexible: $IC < 15^\circ$; $TM > 3^\circ$. Ambos índices fueron seguidos periódicamente dentro de los 3 a 4 meses posteriores al inicio de la prescripción de plantillas para los pies. La plantilla del pie también se ajustó periódicamente durante 3 a 4 meses después de la confirmación de la radiografía de seguimiento. El dispositivo se fabricó a medida utilizando etileno acetato de vinilo con materiales de espuma. Esto sostenía el arco longitudinal medial (Figura 33). Durante la intervención se revisó la plantilla del pie según la altura de la almohadilla.



Figura 33. Plantilla utilizada en el estudio.

Los resultados analíticos mostraron una mejora significativa en los valores radiológicos individuales. Además, los grupos de edad, incluyendo la edad preescolar (Edad ≤ 6 años) y los grupos de edad escolar (Edad >6 años) mostraron realce, excepto el grupo con deformidad en valgo en el pie derecho.

Dentro de las limitaciones del estudio, la participación de los padres ya que en la mayoría de los estudios con niños requieren la presencia de los padres. Por ejemplo, los padres de algunos niños interrumpieron voluntariamente el tratamiento. Los motivos de su suspensión fueron su comodidad, la dificultad para observar el aspecto incómodo de su hijo y el hecho de que pensaron que el tratamiento se había realizado sin ninguna base médica u objetiva. No se registraron factores como el peso, la altura, la hiperlaxitud de las articulaciones y la laxitud de los ligamentos que son condiciones importantes. Se necesitan más estudios, no solo para aplicar estos factores, sino también para determinar la edad o la duración del tratamiento que es más eficaz.

A modo de conclusión, en este estudio una plantilla de pie a largo plazo, pero revisada periódicamente mejoró significativamente los indicadores radiológicos, tanto ángulo IC como AM, en niños diagnosticados con PPFS menores de 18 años. Cuando se midieron los ángulos a partir de las radiografías, ambos ángulos mostraron una mejora significativa. Por lo tanto, sugieren que las plantillas para los pies son una modalidad de tratamiento eficaz para el pie plano pediátrico sintomático.

En el siguiente cuadro (Anexo. Cuadro 1) se realizó una síntesis de los artículos sobre las intervenciones, los síntomas y el uso de ortesis en el pie plano flexible infantil.

VII Resultados

La búsqueda bibliográfica arrojó un total de 228 artículos potenciales para su revisión, de los cuales 103 fueron excluidos por ser duplicados. De los 125 artículos restantes, se descartaron 81 por la lectura del título y abstract, ya que no cumplían con los criterios establecidos. Como resultado, se seleccionaron 18 de ellos para el análisis, de los cuales se obtuvo información relevante para esta investigación.

De los 18 artículos analizados, 9 artículos sobre análisis biomecánico del PPF, 4 referentes a ejercicio terapéutico, 6 sobre tratamiento ortésico, 4 incluían el análisis de los síntomas de pie plano flexible. Los resultados de los estudios son variados pertenecientes a distintos campos disciplinares en materia de rehabilitación.

Los resultados obtenidos a partir del análisis de la biomecánica del niño con pie plano flexible revelan hallazgos acerca de su condición podológica. Durante el proceso, se recopilaron datos exhaustivos donde se realizó un análisis que permitieron identificar patrones y tendencias significativas. A continuación, presentamos los hallazgos más destacados de esta investigación:

En primer lugar, el estudio cinemático de diferentes articulaciones de las extremidades inferiores y en particular el pie, Pothrat et al, Hösl et al, Kothari et al y Kerr y Zavatsky observaron las siguientes adaptaciones en fase de apoyo en la marcha el aumento de supinación y abducción del antepié en relación con el medio pie, tres artículos observaron además una eversión mayor del retropie en la misma fase de la marcha.

En la cinemática de tobillo Pothrat C et al., refiere una tendencia a la reducción de la dorsiflexión. Kim HY et al., hace referencia en el plano transversal un valgo continuo en 17° en fase de apoyo, además, de la reducción en el grado de flexión plantar en período de pre balanceo.

La cinemática de rodilla Shih YF et al. hace mención en su trabajo a una mayor tendencia a la rotación interna de rodilla en el plano transversal. Kothari A et al., observó un valgo de rodilla en apoyo medio. Tanto Kim HY et al. como Karr & Zavatsky concuerdan que se produce una mayor flexión de rodilla en todo el ciclo de la marcha. Karr & Zavatsky encontraron diferencias angulares en flexión de rodilla de 8° y 13° en la población infantil con pie plano sintomático y pie plano asintomático respectivamente.

Shih YF et al. en su estudio cinemático de las extremidades inferiores en la población de estudio, identificaron que los niños con pie plano flexible tienen una tendencia a una mayor flexión y aducción de la cadera con menor rotación interna durante la fase de apoyo en la marcha. Twomey & McIntosh, difieren en los resultados donde refieren un aumento de la rotación externa de cadera de 6-7° en fase de apoyo y balanceo terminal en la marcha.

La cinemática de la pelvis, para el estudio de Twomey & McIntosh demostró una tendencia leve 1-2° a la rotación interna a lo largo de la postura y al momento del despegue de los dedos en la marcha. En cambio, Kothari A et al. observó en los

pacientes un aumento de la rotación externa pélvica (retracción) en la posición tardía que acompaña una postura más plana del pie.

Los estudios de Twomey & McIntosh, Pothrat C et al., Kerr & Zavatsky analizaron el ángulo de progresión del pie que corresponden a un ángulo de progresión más externo en todo el ciclo de la marcha, en comparación con los pies neutros. En relación a la velocidad de marcha, los pies planos flexibles se ven desfavorecidos con una velocidad de marcha más lenta y la longitud de zancada menor según dos artículos analizados (7)(12).

La cinética de los miembros inferiores, demostraron las siguientes adaptaciones en la marcha. Mediante la evaluación de las articulaciones de tobillo y pie, los niños y niñas con pie plano flexible carecían de energía articular positiva para la propulsión versus los pies con desarrollo típico descrito en el estudio de Hösl M et al. Además, Kim H et al. evidenció cierto grado de ineficiencia cinética, el vector de fuerza de reacción del suelo vertical en el período de impulso fue menor en los pies planos flexibles además de la fuerza máxima de frenado y la fuerza máxima de empuje en la 3ª mecedora del pie también se redujeron. En la rodilla, la cinética arrojó un momento máximo en varo y rotación interna en el estudio de Kothari et al. El estudio de Jafarnejadgero et al. demostró asimetría de los momentos articulares de rodilla en los tres planos de movimiento en abducción, aducción y rotación interna. El análisis de cinética de Kothari et al. mostró el momento máximo de extensión reducido en cadera. También, Jafarnejadgero et al. refiere en su análisis mayor asimetría en los momentos articulares de flexión y abducción de cadera en la marcha.

Al reconocer las intervenciones kinésicas apropiadas descritas en el presente estudio, se observan resultados de dichas prácticas en el abordaje del pie plano flexible sintomático. A continuación, se presentan los hallazgos más relevantes obtenidos a través de la aplicación de estas intervenciones:

En cuatro artículos las prácticas encontradas fueron el ejercicio terapéutico las cuales se basaron en aumento de la flexibilidad, fortalecimiento muscular y educación propioceptiva de los pies. En tres ensayos clínicos aleatorizados, Riccio et al., Abd-Elmonem et al. y Allan et al. se realizaron ejercicios correctivos de pie plano concretamente fortalecimiento de la musculatura intrínseca y extrínseca del pie, TP, abductor del hallux y flexor largo del hallux. Además, del trabajo de movilidad pasiva y activa de articulaciones de tobillo y pie, con estiramientos de músculos posteriores de la pierna y peroneos. Un ensayo clínico (16) incorporó los ejercicios pliométricos en el protocolo de trabajo, asimismo un ensayo clínico (15) incorporó electroestimulación

NMES, demostrando que contribuyen a los efectos beneficiosos de los ejercicios correctivos. La edad de los pacientes tuvo una influencia en los resultados de las intervenciones, ya que observaron mejores resultados clínicos y posturales del pie de los 7 a 12 años de edad y en edades más tempranas estas prácticas mantienen la flexibilidad del pie.

Por otra parte, a través de la revisión de la literatura especializada se identificaron técnicas globales utilizadas en el abordaje terapéutico de problemas como el pie plano flexible pueden variar en nombres y enfoques, conviene subrayar que no forma parte de los hallazgos de los estudios científicos analizados. Algunas de las técnicas globales que podrían ser utilizadas y son de exclusividad kinésica incluyen Método GDS⁽⁸¹⁾ (autora Godelieve Denys-Struyf), Método RPG⁽⁸²⁾ (Rehabilitación Postural Global), Método Busquet⁽⁸³⁾, Método Mézières⁽⁸⁴⁾. Cada técnica puede tener enfoques específicos, por lo que la elección dependerá de la evaluación individual del terapeuta y las necesidades del paciente. Estas son técnicas de las cadenas musculares que comprenden un enfoque terapéutico considerando la interconexión de las estructuras musculares y articulares en el cuerpo. Se utilizan para abordar desequilibrios y problemas en las cadenas musculares, que pueden afectar la postura, el movimiento y la función de diferentes partes del cuerpo, incluyendo el pie plano flexible sintomático.

Para abordar el pie plano flexible sintomático a través de las cadenas musculares, se seguiría un enfoque holístico que tenga en cuenta la interconexión de las estructuras musculares y articulares en todo el cuerpo. Aquí hay una descripción general de cómo podría ser este abordaje:

1. Evaluación Integral: Un terapeuta especializado llevaría a cabo una evaluación detallada de la postura, el movimiento y la alineación de todo el cuerpo, no solo enfocándose en el pie plano en sí. Esto podría incluir análisis de la pelvis, la columna vertebral, las piernas, la cadera y otras áreas relacionadas.
2. Identificación de Desbalances: Se buscarían desequilibrios musculares, tensiones y restricciones en las cadenas musculares que puedan estar contribuyendo al pie plano y a los síntomas asociados. Por ejemplo, podrían explorarse cadenas musculares como la posterior, anterior, lateral y espiral.
3. Tratamiento Manual: Utilización de técnicas de terapia manual, como masajes profundos, estiramientos específicos de cadenas musculares y liberación miofascial, para liberar tensiones y mejorar la movilidad en las áreas afectadas.

4. Ejercicios Dirigidos: Diseño de un programa de ejercicios de fortalecimiento y estiramiento que se centren en las cadenas musculares identificadas como problemáticas. Estos ejercicios pueden ayudar a corregir desequilibrios y mejorar la función del pie y del cuerpo en su conjunto.

5. Reeducción Postural y de Movimiento: Enseñar al paciente cómo adoptar una postura y un patrón de movimiento adecuados para prevenir la sobrecarga y la tensión en las áreas afectadas. Esto puede incluir la corrección de hábitos posturales incorrectos en la vida diaria.

6. Seguimiento y Ajustes: A medida que progresa el tratamiento, el terapeuta realizará ajustes según sea necesario, evaluando los cambios en la postura, el movimiento y los síntomas del paciente. Se pueden hacer modificaciones en los ejercicios y en las técnicas de terapia manual en función de la respuesta del paciente.

La presente sección expone los resultados obtenidos en relación a los síntomas del pie plano flexible que indican la recomendación de tratamientos kinésicos y ortésicos, se identificaron patrones que guían la elección de las intervenciones. Los siguientes hallazgos destacan los síntomas clave que indican la aplicación de tratamientos kinésicos y ortésicos en casos de pie plano flexible.

Pandey et al., refiere que los ejercicios de pie y las modificaciones del calzado logró mejoras en la marcha y alivio de dolor en los pies al caminar. Además, las plantillas tuvieron efectos positivos sobre el alivio del dolor y mejora en la marcha. En concordancia con estos resultados, Hsieh et al. al analizar el uso de plantillas personalizadas en niños y niñas con pie plano flexible con dolor en el pie o pantorrilla, fatiga después de la caminata y modificaciones en la marcha encontró mejoras en relación al dolor, comodidad, salud física, funciones físicas y actividades de participación en niños. El ensayo clínico de Cho D et al. refiere de igual manera que las plantillas rígidas a medida son efectivas para reducir el dolor además de reducir la actividad compensatoria de los músculos inversores de tobillo facilitando el crecimiento de los músculos estabilizadores del tobillo, fundamentalmente del músculo peroneo largo en pies planos flexibles. En relación a la postura del pie plano flexible, Kim et al. en su estudio sobre la modificación de la postura del pie con la utilización de plantillas lo que obtuvieron fueron cambios en el realce del pie en niños/as a partir de los 6 años de edad.

Contrariamente a estos resultados expuestos, los autores Chen KC et al. y Riccio coinciden que en edad escolar la condición de pie plano flexible puede resolverse espontáneamente con la edad. Chen agrega, que el uso de las ortesis plantares puede

reducir los signos del PPF sintomático pero el efecto es mejor en niños/as de 5 años. El estudio de Pandey et al sostiene que hay una posible influencia en el tipo de calzado y el pie plano. Los que usaban pantuflas de goma suave o pantuflas de suela dura tenían más probabilidades de tener pie plano, en comparación con los que usaban zapatos.

Ensayos clínicos donde se analizaron cuáles podrían ser los predictores sobre la gravedad de los síntomas de pie plano flexible midiendo las proporciones musculares de los estabilizadores de tobillo. Los autores Shin Y et al. y Cho DJ et al. encontraron diferencias entre las áreas musculares de los inversores y eversores de tobillo TA, TP y PL. La abducción del antepié sobre la proporción del músculo PL como predictores de la gravedad de los síntomas del pie, sugiriendo el uso de ortesis para limitar dicha posición y promover el mejor desarrollo muscular y disminuir el dolor. Dicho dolor podría surgir cuando los tejidos no pueden equilibrar la sobrecarga o cuando la degeneración gradual supera los umbrales de dolor subjetivos, Hosl et al. Se recomienda la terapia de ejercicios para fortalecer la musculatura y el uso de ortesis plantares para corregir la postura del pie y favorecer el normal crecimiento muscular del PL y evitar actividades compensatorias.

VIII Conclusiones

La presente tesina de grado ha tenido como objetivo analizar las intervenciones kinésicas efectivas en el tratamiento del pie plano flexible sintomático en la infancia.

De acuerdo a los hallazgos se concluye que los estudios han proporcionado una visión detallada de las adaptaciones cinemáticas y cinéticas observadas en individuos con pie plano flexible durante la marcha. Se ha demostrado que estos individuos presentan patrones de movimiento alterados en las articulaciones de tobillo, rodilla y cadera, así como en el ángulo de progresión del pie y la velocidad de marcha. Estas adaptaciones pueden llevar a una marcha menos eficiente y a una menor capacidad de propulsión.

Las intervenciones kinésicas, como el ejercicio terapéutico, el fortalecimiento muscular y la educación propioceptiva, han mostrado efectos positivos en el abordaje del pie plano flexible sintomático. Las plantillas personalizadas y ortesis rígidas también han demostrado ser útiles para aliviar el dolor, mejorar la marcha y promover el desarrollo muscular adecuado en niños con esta condición. Sin embargo, se ha observado que en algunos casos la condición de pie plano flexible puede resolverse

espontáneamente con la edad, lo que sugiere la importancia de una evaluación continua y personalizada.

En cuanto a la severidad de los síntomas, se ha identificado que las proporciones musculares de los estabilizadores de tobillo pueden servir como predictores de la gravedad de los síntomas del pie plano flexible. Las ortesis y terapias de ejercicio se recomiendan para abordar la debilidad muscular y promover un desarrollo muscular adecuado, lo que puede contribuir a aliviar el dolor y mejorar la función.

En última instancia, estos hallazgos subrayan la importancia de un enfoque multidisciplinario en el tratamiento del pie plano flexible, incorporando intervenciones kinésicas y ortésicas personalizadas para abordar los síntomas y mejorar la calidad de vida de los individuos afectados. Es esencial considerar la edad, la severidad de los síntomas y las necesidades específicas de cada paciente al diseñar un plan de tratamiento integral y efectivo.

Concluí que las intervenciones kinésicas en el tratamiento del pie plano flexible sintomático en la infancia podrían ser efectivas para un buen desarrollo y acompañar el crecimiento del pie en la infancia.

IX Bibliografía

1. Viladot Pericé R, Viladot Voegli A. Pie Plano Barcelona: Ediciones Mayo; 2009.
2. Carr II B, Yang S, Lather A. Pediatric Pes Planus: A State-of-the-Art Review. PEDIATRICS. 2016 Marzo; 137(3).
3. Turner C, Gardiner MD, Midgley A, Stefan A. A guide to the management of paediatric pes planus. AJGP. 2020 May; 49(5): p. 245-249.
4. Sanchez Mesa PA. Controversias, actualidades, ilustración, logros y avances en la patología del pie plano [INTRAMED INTERNET].; 2010. Available from: <https://www.intramed.net/contenidover.asp?contenidoid=68346>.
5. Pratt Dj, Sanner WH. Paediatric foot orthoses. The Foot. 1996; 6: p. 99-111.
6. Viladot Voegeli A. Anatomía funcional y biomecánica del tobillo y el pie. Rev. Esp. Reumanotol. 2003; 30(9): p. 469-77.
7. Mansat C, Huertas C. El pie Anatomía y Biomecánica. L'Observatoire du Mouvement. 2003;(1): p. 1-5.

8. Lelievre J, Lelievre JF. La cúpula plantar. In Patología del Pie. 4th ed. Barcelona: Toray-Masson; 1982. p. 35-51.
9. Cailliet R. Síndromes Dolorosos Tobillo y Pie. Segunda ed. México DF: Editorial El Manual Moderno S.A. de C.V.; 1985.
10. Kapandji AI. In Fisiología Articular. Esquemas comentados de la mecánica humana. Sexta ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2010.
11. Kirby KA. Sistema de Reparto de Cargas del Arco Longitudinal del Pie. Revista Española de Podología. 2017 Enero-Junio; 28(1): p. 37-45.
12. Miralles Marrero RC, Puig Cunillera M. Sistema Oseo. In Miralles Marrero RC. Biomecánica Clínica del Aparato Locomotor. Barcelona: Masson; 1998. p. 17-36.
13. Sarrafian SK. Anatomy of the Foot and Ankle.. 2nd ed.: JB Lippincott Co; 1993.
14. Tachdjian MO. Clinical pediatric orthopedics. Stamford , editor. CT: Appleton & Lange; 1997.
15. Evans AM. Pediatrics. The Pocket Podiatry Guide. 1st ed. New York: Churchill Livingstone. Elsevier; 2010.
16. Tachdjian MO. The Child's Foot. Philadelphia: WB Saunders Co; 1985.
17. Martínez Lozano AG. Pie plano en la infancia y adolescencia. Conceptos actuales. Revista Mexicana de ORTOPEDIA PEDIÁTRICA. 2009 Enero-Diciembre; Vol. 11(Núm. 1): p. 5-13.
18. Baar A, Ibañez A, Gana A. Pie plano flexible: ¿Qué y por qué tratar? Revista Chilena Pediatría. 2006; 77(4): p. 350-354.
19. Harris EJ, Vanore JL, Thomas JL, Kravitz SR, Silvani SH, Couture Gassen S. CLINICAL PRACTICE GUIDELINE Diagnosis and Treatment of Pediatric Flatfoot. Foot and Ankle Surgery. 2004 NOVEMBER/DECEMBER; 43(6): p. 341-388.
20. Staheli LT. Planovalgus Foot Deformity Current Status. J Am Podiatr Med Assoc. 1999; 89(2): p. 94-99.
21. Marchena , Cortés M, Gijón Noguero. Revisión bibliográfica de los tratamientos del pie plano flexible. Análisis retrospectivo (1977-2011). Revista Internacional de Ciencias Podológicas. 2013; Vol. 7(1): p. 9-22.
22. Basmajian JV, Stecko G. The role of muscles in arch support of the foot. An electromyographic study. J Bone Joint Surg Am.. 1963; 45: p. 1184-1190.
23. Quispe Mamani O. La obesidad y su influencia en la valoración del pie plano en niños del nivel primario de la I.E Cesar Vallejo 40236 Camana - Arequipa – 2016. 2017. Tesis de grado. Universidad Alas Peruanas;2017.
24. Pfeiffer M, Kotz R, Ledl T, Hauser G, Sluga M. Prevalence of Flat Foot in Preschool-Aged Children. PEDIATRICS. American Academy of Pediatric. 2006 Aug; 118(2): p. 634-9.

25. Paredez Fernandez SMF, Sanchez Montenegro A. Obesidad infantil como factor asociado a pie plano en niños de 6 a 11 años en instituciones educativas primarias del distrito de Chiclayo en el periodo Agosto-Diciembre 2017. 2019. Tesis de grado. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo; 2019.
26. Mickle KJ, Steele JR, Munro BJ. The feet of overweight and obese young children: are they flat or fat? *Obes Silver Spring Md.* 2006 Nov; 14(11): p. 1949-53.
27. RAO UB, JOSEPH B. The influence of footwear on the prevalence of flat foot: a survey of 2300 children. *J Bone Joint Surg Br.* 1992; 525(74).
28. Evans AM, Rome K. A Cochrane review of the evidence for non-surgical interventions for flexible pediatric flat feet. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine.* 2011 March; 47(1): p. 69-89.
29. Pascual Gutiérrez R, López Ros P, García Campos J. Patrones torsionales de los miembros inferiores asociados al pie plano infantil. Es necesario y eficaz el tratamiento. 2009. Comunicación 40 Congreso Nacional de Podología. Barcelona, 2009.
30. Xu L, Gu H, Zhang Y, Sun T, Yu J. Risk Factors of Flatfoot in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health.* 2022 Jul; 19(14).
31. Mosca V. Flexible flatfoot in children and adolescents. *Journal Child Othopedic.* 2010; 4(2): p. 107-21.
32. Mann R, Inman VT. Phasic activity of intrinsic muscles of the foot. *J Bonejoint Surg Am.* 1964;(46): p. 469-481.
33. Benedetti MG, Ceccarelli F, Berti L, Luciani D, Catani F, Boschi M, et al. Diagnosis of Flexible Flatfoot in Children: A Systematic Clinical Approach. *Orthopedics.* 2010 21 Dic; 34(2): p. 94.
34. Pehlivan O, Cilli F, Mahirogullari M, et al. Radiographic correlation of symptomatic and asymptomatic flexible flatfoot in young male adults. *Int Orthop.* 2009; 33(2): p. 447-50.
35. Salazar Gómez C. Pie plano, como origen de alteraciones biomecánicas en cadena ascenente. *Fisioterapia.* 2007; 29(2): p. 80-9.
36. Gómez-Benítez M, Gómez-Benítez A, Ramos-Ortega J, Castillo-López JM, Bellido-Fernandez L, Munuera-Martinez PV. Fatigue in Children with Pronated Feet After Aerobic Exercises. *Journal of the American Podiatric Medical Association.* 2020 Nov; 111(2).
37. Green DR, Carol A. Planal dominance. *J Am Podiatry Assoc.* 1984; 74(2): p. 98-103.
38. Harris EJ. The Natural History and Pathophysiology of Flexible Flatfoot. *Clin Podiatr Med Surg.* 2010; 27: p. 1-23.
39. Bergua-Domingo JM, García Paños JP, Knörr J. Actualización en el manejo del pie

- plano infantil. Rev Pie Tobillo. 2020; 34(1): p. 3-15.
40. Jurado Bueno A, Medina Porqueres I. Manual de Pruebas Diagnósticas. Traumatología y Ortopedia. Primera ed. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2002.
 41. Blogspot. [Online]. Available from: <https://patologiapodologica.blogspot.com/2020/01/linea-de-feiss.html>.
 42. Escalona Marfil C, McPoil T, Roche Surendo LE, Ortas Deunosajust D, Pérez Bellmunt A, Vicenzino B. Valores normativos para determinar un pie plano o cavo. Rev Esp Podol. 2019; 30(1): p. 15-23.
 43. Sales Picher N, Sanchis Sales. Relación entre la flexión dorsal de tobillo y la flexibilidad. Rev Esp de Podol. 2021; 32(1): p. 7-12.
 44. Cavanagh PR, Rodgers MM. The arch index: A useful measure from footprints. J Biomech. 1987; 20(5): p. 547-51.
 45. Castro M, Abreu S, Sousa H, Machado L, Santos R, Vilas-Boas J. Ground reaction forces and plantar pressure distribution during occasional loaded gait. Applied Ergonomics. 2013; 44(3): p. 503-509.
 46. Haro M. Laboratorio de análisis de marcha y movimiento. Revista Médica Clínica Las Condes. 2014; 25(2): p. 237-247.
 47. Ballesteros R. Análisis clínico y baropodométrico de los niños con pie plano valgo flexible infantil en edad preescolar. 2015. Tesis de Doctorado, Facultad de Enfermería, Fisioterapia y Podología, Universidad Complutense de Madrid.
 48. Zafra P, Berna J. Análisis de la presión plantar entre el pie dominante y no dominante en jugadores de fútbol profesional. Ther. Estud. y propuestas en ciencias la salud. 2014;(6): p. 45-58.
 49. Hurtado Padilla A. Uso de la baropodometría. Medigraphic Artemisa en línea. 2006 Oct-Dic; 2(4): p. 255-61.
 50. García I, Zambudio R. Ortesis, calzado y prótesis. In Tratado del Pie Diabético.; 2002. p. 139-153.
 51. Viladot Voegeli A, Col. Lecciones básicas de biomecánica del aparato locomotor. Barcelona: Springer; 2001.
 52. Macías Merlo L, Fagoaga Mata J, Col. Pastallé N. Fisioterapia en pediatría. Primera ed.: Mc. Graw-Hill. Interamericana; 2002.
 53. Ó Mír M, Guilfoyle E, O' Sullivan,. Paediatric Orthopaedic Normal Variants: What They Are and How to Manage Them. APCP Journal. 2018; 9(2).
 54. Pamela RV. eFisioterapia. [Online].; 2006. Available from: <https://www.efisioterapia.net/articulos/fisioterapia-traumatologia>.
 55. Vassão PG, Toma RL, Antunes HKM, Renno ACM. Photobiomodulation and physical exercise on strength, balance and functionality of elderly women.

Fisioterapia em Movimento. 2018; 31.

56. Fischetti F, Cataldi S, Grec G. A combined plyometric and resistance training program improves fitness performance in 12 to 14-years-old boys. *Sport Sciences for Health*. 2019; 15(3): p. 615–621.
57. Shah S. Plyometric exercises. *Int J Health Sci Res*. 2012; 2: p. 115–126.
58. McKeon PO, Hertel J, Bramble D, Davis I. The foot core system: a new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function. *Br J Sports Med*. 2015; 49(290): p. 1-9.
59. Pérez Sanmartín A, Caballero Sanfulgencio MV. Foot core system y su aplicación en el tratamiento de las patologías del pie. *Revista Española de Podología*. 2018; 29(extra 1): p. 1-16.
60. Unver B, Erdem EU, Akbas E. Effects of Short-Foot Exercises on Foot Posture, Pain, Disability and Plantar Pressure in Pes Planus. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2019 Feb.
61. Cohí O, Salinas F. Ortesis Plantares. *Rev Esp Reumatol*. 2003; 30(9): p. 508-13.
62. Zalacain-Vicuña AJ, Prats-Climent B, Vergés-Salas C. Pie infantil y uso de ortesis plantares. *An Pediatr Contin*. 2011; 9(2): p. 136-40.
63. Riccio I, Gimigliano F, Gimigliano R, Porpora G, Iolascon G. Rehabilitative treatment in flexible flatfoot: a perspective cohort study. *Musculoskeletal Surgery*. 2009; 93(3): p. 101-107.
64. Shih YF, Chen CY, Chen WY, Lin HC. Lower extremity kinematics in children with and without flexible flatfoot: a comparative study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2012 Mar 2; 13(31): p. 1-9.
65. Twomeya DM, McIntosha AS. The effects of low arched feet on lower limb gait kinematics in children. *Foot (Edinburgh, Scotland)*. 2012; 22(2): p. 60-65.
66. Pothrat C, Authier G, Viehweger E, Rao G. Multifactorial gait analysis of children with flat foot and hind foot valgus deformity. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*. 2013; 16(Suppl 1): p. 80-1.
67. Pandey S, Prakash Pal C, Kumar D, Singh P. Flatfoot in Indian population. *Journal of Orthopaedic Surgery*. 2013 April; 21(1): p. 32-6.
68. Hösl M, Böhm H, Multerer C, Döderlein L. Does excessive flatfoot deformity affect function? A comparison between symptomatic and asymptomatic flatfeet using the Oxford Foot Model. *Gait Posture*. 2014 Jan; 39(1): p. 23-8.
69. Kothari A, Dixon PC, Stebbins J, Zavatsky AB, Theologis T. The relationship between quality of life and foot function in children with flexible flatfeet. *Gait Posture*. 2015 Mar; 41(3): p. 786-90.
70. Kothari A, Dixon PC, Stebbins J, Zavatsky AB, Theologis T. Are flexible flat feet associated with proximal joint problems in children? *Gait Posture*. 2016 Mar; 45: p.

204-10.

71. Kim HY, Shin HS, Ko JH, Cha YH, Ahn JH, Hwang JY. Gait Analysis of Symptomatic Flatfoot in Children: An Observational Study. *Clin Orthop Surg*. 2017 Sep; 9(3): p. 363-373.
72. Jafarnezhadgero A, Majlesi M, Madadi-Shad M. The effects of low arched feet on lower limb joints moment asymmetry during gait in children: A cross sectional study. *The Foot*. 2018; 34: p. 63-68.
73. Hsieh RL, Peng HL, Lee WC. Short-term effects of customized arch support insoles on symptomatic flexible flatfoot in children: A randomized controlled trial. *Medicine*. 2018 May; 97(20).
74. Kerr CM, Zavatsky AB, Theologis T, Stebbins J. Kinematic differences between neutral and flat feet with and without symptoms as measured by the Oxford Foot Model. *Gait and amp; Posture*. 2018.
75. Chen KC, Chen YC, Yeh CJ, Hsieh CL, Wang CH. The effect of insoles on symptomatic flatfoot in preschool-aged children: A prospective 1-year follow-up study. *Medicine*. 2019 Sep; 98(36).
76. Shin Y, Ahn SY, Bok SK. Relationships Between Relative Ankle Muscle Ratios, Severity of Symptoms, and Radiologic Parameters in Adolescent Patients With Symptomatic Flexible Flat Feet. *Ann Rehabil Med*. 2021 Apr 14; 45(2): p. 123-130.
77. Abd-Elmonem AM, El-Negamy EH, Mahran MA, Ramadan AT. Clinical and radiological outcomes of corrective exercises and neuromuscular electrical stimulation in children with flexible flatfeet: A randomized controlled trial. *Gait Posture*. 2021 Jul; 88: p. 297-303.
78. Allam HH, Muhsen A, Al-Walah MA, Alotaibi AN, Alotaibi SS, Elsayyad LK. Effects of Plyometric Exercises versus Flatfoot Corrective Exercises on Postural Control and Foot Posture in Obese Children with a Flexible Flatfoot. *Appl Bionics Biomech*. 2021 Oct; 2021(3635660): p. doi:10.1155/2021/3635660.
79. Cho DJ, Ahn SY, Bok SK. Effect of Foot Orthoses in Children With Symptomatic Flexible Flatfoot Based on Ultrasonography of the Ankle Invertor and Evertor Muscles. *Ann Rehabil Med*. 2021 Dec; 45(6): p. 459-470.
80. Kim JY, Kim SA, Kim Y, Hwang I, Heo NH. Radiologic changes of long term foot insole use in symptomatic pediatric flatfoot. *Medicine (Baltimore)*. 2023 Mar 10; 102(10).
81. Centro de Formación Philippe Campignon. [Online].; 2023 [cited 2022. Available from: <https://cadenasmuscularesqds.com/>.
82. RPG Latinoamérica. [Online].; 2023 [cited 2022. Available from: <https://rpgl.org/>.
83. Método Busquet. [Online].; 2023 [cited 2022. Available from: <https://metodobusquet.org/el-metodo-busquet/>.
84. Instituto de Fisioterapia Global Mézières. [Online].; 2023 [cited 2022. Available

from: http://www.ifgm.es/es/Metodo_Mezieres.

X Anexos

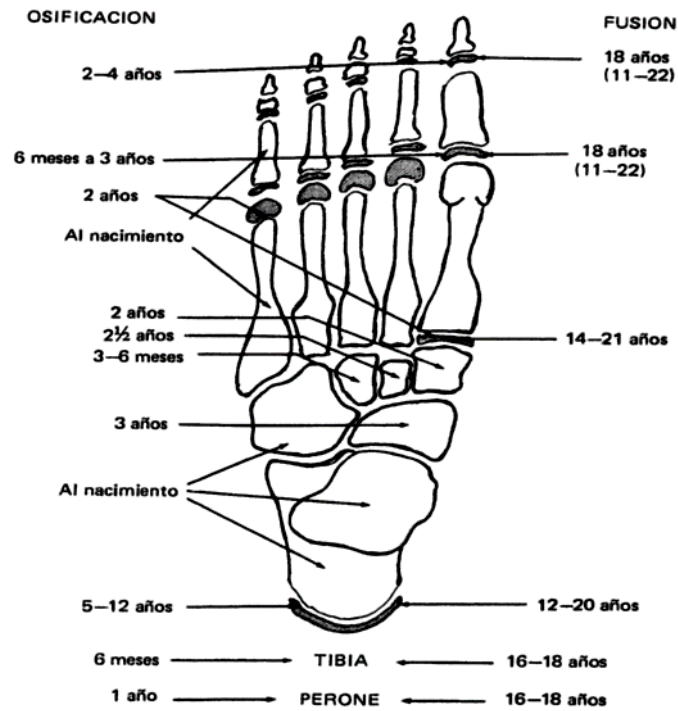


Figura 5. Edades de aparición y cierre de los centros de osificación del pie⁽⁹⁾.



Figura 6. Pronación dominante del plano coronal sin cambio en los planos restantes. Hay una marcada eversión del talón observada clínicamente. Las radiografías muestran un ángulo talocalcáneo anteroposterior normal y una relación talocalcánea lateral normal con preservación de la columna medial. ⁽³⁸⁾



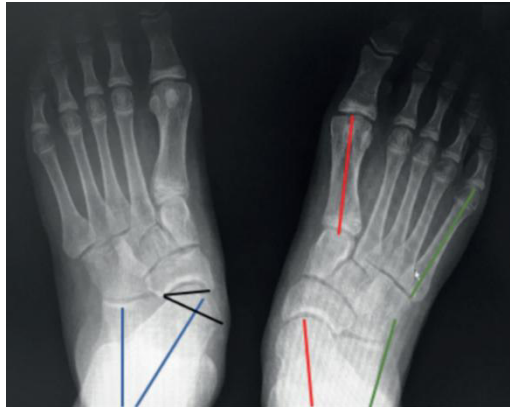
Figura 7. Pronación dominante del plano transversal. Clínicamente, el calcáneo se evierte al plano de carga y el antepié se abduce sobre el retropié. Las radiografías muestran gran parte de la cabeza del astrágalo medial descubierta en la radiografía AP, con falla mínima de la columna medial en el plano sagital en la radiografía lateral.



Figura 8. Pronación dominante en el plano sagital. El colapso de la columna medial puede ocurrir en la articulación talonavicular o en algún punto distal.



Figura 9. Pronación triplanar. Las radiografías AP y lateral muestran signos iguales de



pronación. Los planos transversal y sagital se ven afectados.

Figura19. Radiografía dorsoplantar en carga. Ángulo Kite (azul). Ángulo C5M (verde). Ángulo del eje del astrágalo y el eje del primer metatarsiano (rojo). Ángulo de descuberturatalonavicular (negro)⁽³⁹⁾.

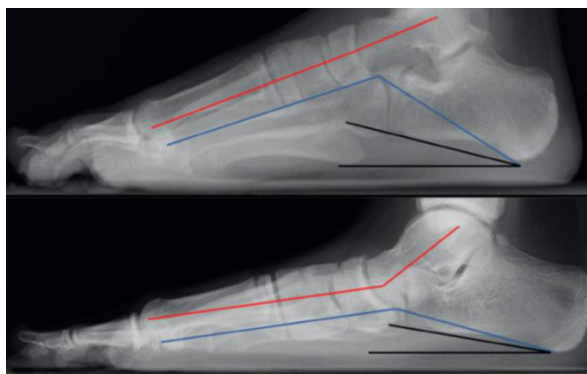


Figura 20. Radiografía lateral del pie en carga. Arriba: pie normal; Abajo: pie plano. Ángulo de Meary (rojo). Ángulo de Costa-Bartani (azul). Ángulo de inclinación del calcáneo(negro)⁽³⁹⁾.



Figura 21. Radiografía lateral en carga de un pie normal. Ángulos utilizados para determinar el patrón anatómico del pie (rojo). El ángulo entre los puntos inferiores del calcáneo y el quinto metatarsiano (azul), si está disminuido, nos orienta para el diagnóstico de pie plano cavo⁽³⁹⁾.

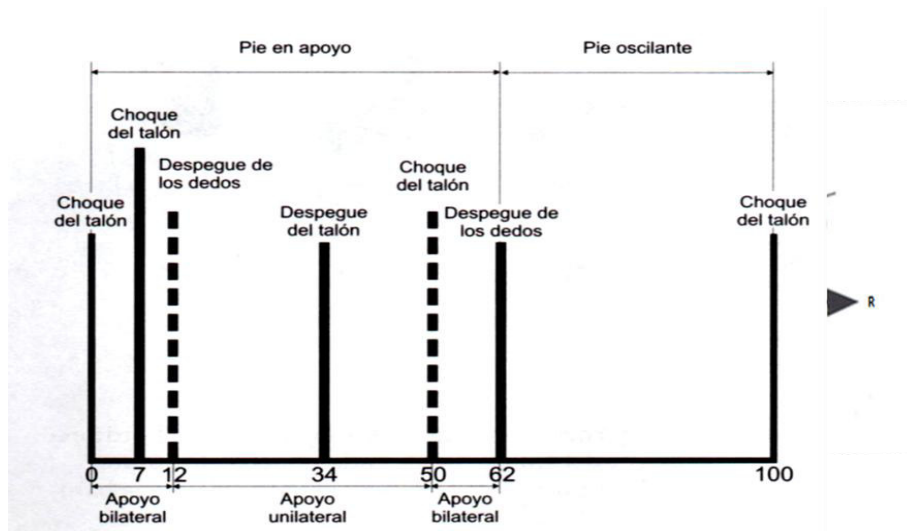


Figura 22. Ciclo de la marcha⁽⁵¹⁾

Figura 23. Ángulos de progresión del pie.

Cuadro 1. Diseño de estudio, medidas de resultado y hallazgos sobre las intervenciones en el pie plano flexible infantil.

Autores, fecha, título	Edad de los pacientes (rango/años), N° de pacientes	Tipo de estudio y objetivos	Medidas de resultados	Resultados
Riccio et al. (2009) “Tratamiento rehabilitador en el pie plano flexible: Un estudio de cohorte prospectivo”	Nueva cohorte (n=300) edad media 3,4 años PPFv. (184 niños, 116 niñas) Cohorte histórica (n=337) edad media 2,6 años PPFv. (219 niños, 118 niñas)	Estudio de cohorte prospectivo. Comparar un grupo con pie plano flexible valgo que siguieron un programa de RHB con una cohorte histórica de niños que habían sido tratados con plantillas y calzado ortopédico	-Clasificación Viladot -Ejercicios correctivos de pie (flexibilidad, fortalecimiento muscular y educación propioceptiva) -Plantillas ortopédicas	Al comparar el porcentaje de éxito en los dos grupos, el enfoque rehabilitador es más eficaz que las plantillas para mejorar la postura del pie plano flexible valgo.
Pandey Sundhakar et al. (2013) “Pie plano en la población india”	Edad +8 años PPS (n=150) (n=60) Ejercicios para los pies (n=45) Taco alargado de Thomas (n=18) Plantillas de Rose Schwartz (n=27) Ejercicios más combinación de modificaciones del calzado. GC (n=50)	Ensayo clínico aleatorizado. Comparar los resultados de diferentes tratamientos conservadores para el pie plano mediante el índice de Chippaux-Smirak y el índice de valgo.	-Test de Jack -ICS -Índice de valgo -Ejercicios para pies -Uso de taco alargado de Thomas -Plantilla de Rose Schwartz -Ejercicios de pie combinados con ambas modificaciones en el calzado	-Los ejercicios para los pies tuvieron limitado efecto sobre el ALI, 18 tuvieron alivio del dolor y 16 mejoras en la marcha. -Pacientes tratados con plantillas (R. Schwartz) tuvieron alivio del dolor y mejora en la marcha además de los tratados con Taco alargado de Thomas. -Pacientes tratados con ejercicios y modificaciones en el calzado, presentaron alivio del dolor y mejora en la marcha.

<p>Hsieh RL et al. (2018) “Efectos a corto plazo de las plantillas de soporte de arco personalizadas en el pie plano flexible sintomático en niños: Un ensayo controlado aleatorizado”</p>	<p>GI Edad media 6,9 ±0,6 años (n=26) uso plantillas personalizadas. GC Edad media 6,2 ±0,4 años (n= 26) uso de zapatos.</p>	<p>Ensayo controlado aleatorizado. En este estudio, utilizando el marco CIF, investigar los efectos a corto plazo de las plantillas personalizadas sobre las funciones y estructuras corporales, y las actividades y la participación en niños con pie plano flexible sintomático.</p>	<p>-TUG. Actividad física -PODCI. Función física 4 dominios -PODCI. Propiedades psicométricas 2 dominios -Cuestionario Calidad de vida en pediatría (PedsQL)</p>	<p>-Niños que usaron plantillas tuvieron mejoras en el dolor/ comodidad, salud física, tiempo de ascenso de escaleras, función física y de las extr. superiores, movilidad básica y transferencia, que pertenecen a dominios funcionales y estructuras corporales y actividad de participación de la CIF. -No mejoró velocidad de marcha, funciones globales y salud psicosocial.</p>
<p>Chen KC et al. (2019) “Efecto de las plantillas sobre el pie plano sintomático en niños en edad preescolar: Un estudio de seguimiento prospectivo de 1 año”</p>	<p>466 niños en edad preescolar de 3 a 5 años. GI (n=123) niños sintomáticos, con plantillas modificadas. GC (n=343) niños asintomáticos, sin intervención. Después de 1 año se incluyeron en el análisis 817 Huellas. GI=232 huellas GC= 582 huellas</p>	<p>Estudio de cohorte observacional prospectivo. Investigar los cambios en las huellas de los niños que usaron plantillas al año de seguimiento en comparación con los de los niños que no usaron plantillas para identificar el efecto de estas en el pie plano sintomático en niños de edad preescolar.</p>	<p>-Índice de Chippaux-Smirak (ICS) -Plantillas modificadas</p>	<p>- Después de usar las plantillas durante 1 año, los valores de ICS de los niños con PPS disminuyeron en un 9,7% y los niños de 5 años tuvieron el mayor cambio. -En el grupo de plantillas, el 34,1% de las huellas se determinaron como normales al año de seguimiento y los valores del ICS disminuyeron en un 17,5%. -Se encontró una alta prevalencia de laxitud articular en ambos grupos (grupo con plantilla: 34,5%; grupo sin plantilla: 35,1%). De los niños en el grupo de plantillas, la proporción de laxitud articular fue significativamente mayor en el grupo de pie plano (43,1%) que en el grupo normal (17,7%).</p>

<p>Shin Y et al. (2021) “Relaciones entre las proporciones musculares relativas del tobillo, la gravedad de los síntomas y los parámetros radiográficos en pacientes adolescentes con pie plano flexible sintomático”</p>	<p>54 pacientes. Edad 10 y 20 años. PPF (n=30) GC (n=24)</p>	<p>Estudio transversal. Investigar las diferencias en los tamaños relativos de los músculos estabilizadores del tobillo en personas con y sin pie plano flexible y determinar predictores de la gravedad de los síntomas.</p>	<p>-FPI -APRC (áng. pos.rep. cal) -RX -FFI -Ecografías (AST) de músculos inversores y eversores de tobillo. TA, TP y PL</p>	<p>-Fuerte correlación ACTN que indica abducción del antepié. -Resultados indican que la relación de ACTN y PL fue más efectiva para predecir la gravedad de los síntomas del PPF. _Sugieren ortesis para limitar la ABD del antepié o ejercicios terapéuticos para fortalecer el PL y mejorar los síntomas.</p>
<p>Amira M. Abd-Elmonem et al. (2021) “Resultados clínicos y radiológicos de ejercicios correctivos y estimulación eléctrica neuromuscular en niños con pie plano flexible: Un ensayo controlado aleatorizado”</p>	<p>Edad entre 7 y 12 años. 66 niños (31 niños, 35 niñas) GI (n=33) Ejercicios correctivos y NMES GC (n=33) Ejercicios correctivos y NMES simulado Por 4 meses consecutivos</p>	<p>Ensayo controlado aleatorizado. Investigar los resultados clínicos y radiológicos de los ejercicios correctivos y NMES en el índice del arco de Staheli, la caída del navicular y los índices radiográficos en niños con PPF.</p>	<p>-Índice de Staheli -ND -Índices Rx -Ejercicios correctivos de fortalecimiento muscular de intrínsecos del pie, extrínsecos (TP), ext./flex de dedos -NMES en músculos intrínsecos plantares</p>	<p>GI tuvieron mejoras clínicas y radiológicas: disminución del Ind. de Staheli, ND y los índices radiográficos con aumento significativo del Ang. de inclinación del calcáneo/AIC comparado con el GC. -La integración de ejercicios correctivos y NMES es más eficaz que los ejercicios solos para proporcionar mejoras clínicas y radiológicas en niños con PPF.</p>
<p>Allam H.H et al. (2021) “Efectos de los ejercicios pliométricos frente a los ejercicios correctivos de pie plano sobre el control postural y la postura del pie en niños obesos con pie plano”</p>	<p>Edad entre 7 y 11 años. 47 niños varones. Asignación aleatoria GEI (n=16) Programa de ejercicios pliométricos. GEII (n=16) Ejercicios correctivos</p>	<p>Ensayo controlado aleatorizado. Investigar el efecto de los ejercicios pliométricos sobre la postura del pie, el equilibrio y la movilidad funcional en niños obesos con pie plano móvil</p>	<p>-Equilibrio estático /Sistema Prokin (PK252) -Timed Up and Go (TUG)/ movilidad funcional. -Test de caída del navicular (ND)/ postura del pie.</p>	<p>GEI: Mostró mejoras significativas en todos los parámetros de equilibrio, postura del pie y TUG GEII: mostró una mejora e el área de elipse y el perímetro de la prueba de equilibrio estático, además de la postura del pie y TUG -Tanto los ejerc. correctivos y loa pliometría tuvieron efectos positivos sobre la postura del pie, el equilibrio y</p>

	flexibilidad, fortalecimiento, propiocepción y equilibrio. GC (n=15) Sin intervención. Por 10 semanas.			la movilidad funcional en niños obesos con PP
Cho DJ et al. (2021) “Efecto de las ortesis de pie en niños con pie plano flexible sintomático basado en la ecografía de los músculos inversores y eversores de tobillo”	Edad 10 y 18 años (Edad media 12,06 ±1,24 años) 24 pacientes (15 niños, 9 niñas)	Ensayo clínico. Examinar cambios en la relación del área transversal de los inversores y eversores de tobillo luego de la aplicación de ortesis rígida en niños con PPFS después de un año y determinar la correlación entre el grado de cambio en el área de sección transversal y el dolor después de la aplicación.	-Ortesis rígida por 12 meses -Ecografía para la medición AST músculos TA, TP y PL -FFI (Índice de Función del pie)	- A los 12 meses del uso de las OR las relaciones musculares del TA y TP disminuyeron significativamente y el PL aumentó cuando se corrigió la postura del pie con OR para alcanzar el crecimiento normal y el equilibrio muscular. -En el FFI las puntuaciones de dolor y discapacidad tendieron a disminuir, en cambio la limitación de la actividad no fue significativa después de las OR.
Kim JY et al (2023) “Cambios radiológicos del uso prolongado de plantillas en el pie plano pediátrico sintomático”	Edad media 6,49±2,96 años (n=200) (62 niños, 138 niñas) GI: Valgo de talón GII: Valgo de talón y ALI bajo TTo con plantillas de 1 a 6 años, seguidos por periodos de 3 a 4 meses.	Estudio observacional Demostrar el efecto del uso de plantillas a largo plazo usando radiografía simple como una medida objetiva en niños con PPFS.	-RX ángulo de inclinación del calcáneo -AM (Ang. de Meary)	-Se obtuvieron cambios en los valores radiográficos individuales en edad preescolar (edad ≤6 años) y los grupos de edad escolar (Edad >6 años), mostraron realce, excepto el grupo con deformidad en valgo en el pie derecho.