

TRABAJO FIN DE GRADO



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

Departamento de Ciencias de la Salud

Grado en Podología

**Eficacia del fortalecimiento de la musculatura
intrínseca plantar en pacientes con pie plano.
Revisión sistemática.**

Autor: Priscila Leal Cano

Director: Dr. Aitor Pérez Morcillo

Murcia, a 24 de mayo de 2021

TRABAJO FIN DE GRADO



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

Departamento de Ciencias de la Salud

Grado en Podología

**Eficacia del fortalecimiento de la musculatura
intrínseca plantar en pacientes con pie plano.
Revisión sistemática.**

Autor: Priscila Leal Cano

Director: Dr. Aitor Pérez Morcillo

Murcia, a 24 de mayo de 2021

**AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR/TUTOR DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER
PARA PRESENTACIÓN Y DEFENSA**

ALUMNO		CURSO ACADÉMICO: 2020/2021	
Apellidos: Leal Cano		Nombre: Priscila	
DNI: 48523249B	Titulación: Grado en Podología		
Título del trabajo: Eficacia del fortalecimiento de la musculatura intrínseca plantar en pacientes con pie plano. Revisión sistemática			

El Prof/a. Dr. Aitor Pérez Morcillo como Director(s)/Tutor(s)⁽¹⁾ del trabajo reseñado arriba, acredito su idoneidad y otorgo el V.º B.º a su contenido para ir a Tribunal de Trabajo fin de Grado.

En Murcia a 24 de mayo de 2021



Fdo.: _____

Fdo.: Aitor Pérez Morcillo

⁽¹⁾ Si el trabajo está dirigido por más de un Director tienen que constar y firmar ambos.

Facultad de Ciencias de la Salud

Campus de Los Jerónimos. 30107 Guadalupe (Murcia)

Tel. (+34) 968 27 8 808 • Fax (+34) 968 27 8 649

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a mi tutor, el Dr. Aitor Pérez Morcillo el resultado de este trabajo, su apoyo, paciencia y profesionalidad han sido fundamentales para conseguirlo.

A mi familia, en especial a mi madre, por enseñarme los valores de la vida y a luchar por lo que quiero.

A mi padre, aunque hace unos años nos separó el destino, siento su compañía y sé que estaría muy orgulloso de mí.

A mi compañero de vida, Antonio, por acompañarme en mis aventuras, por ayudarme a afrontar las adversidades y nunca soltarme de la mano.

A mi amiga Laura por su sonrisa y consejos en los momentos de mayor debilidad.

A mi amiga Mari Luz por ayudarme con los turnos de trabajo y ofrecerme su ayuda siempre que ha sido posible.

A mis compañeros de clase, a los que considero mi familia podológica, con los que he tenido el placer de convivir estos cuatro años y de los que me llevo muy grato recuerdo.

A todos los profesores del grado, porque han logrado que me encante esta profesión, me han brindado la oportunidad de aprender y conocer el maravilloso mundo de la podología.

*“El éxito no está en vencer
siempre sino en
no desanimarse nunca”*

Napoleón Bonaparte

ABREVIATURAS

AbdH	Abductor del Hallux
ALI	Arco Longitudinal Interno
DeCs	Descriptores Médicos
DTTP	Disfunción Tendón Tibial Posterior
FCD	Flexor Corto de los Dedos
FCH	Flexor Corto del Hallux
FLD	Flexor Largo de los Dedos
FLH	Flexor Largo del Hallux
FPI	Foot Posture Index
IMC	Índice de Masa Corporal
ND	Navicular Drop
PIM_s	Plantar Intrinsic Muscles
PLL	Peroneo Lateral Largo
PRISMA	Preferred Reported items Of Systematic Reviews and Meta-Análisis
RoB	Risk of Bias
SD	Desviación Estándar
TNJ	Talonavicular Join
TTP	Tendón Tibial Posterior
VAS	Visual Analogue Scale
WoS	Web Of Science

ÍNDICE

RESUMEN	XIX
ABSTRACT	XXI
1. INTRODUCCIÓN	23
1.1. EL pie: anatomía y función	23
1.1.1. <i>Funciones del pie</i>	23
1.1.2. <i>Arco longitudinal interno</i>	24
1.2. Musculatura intrínseca del pie	24
1.3. Patologías asociadas a pronación anormal del pie	26
1.4. Pie plano adulto	27
1.4.1. <i>Epidemiología y etiología del pie plano</i>	27
1.4.2. <i>Disfunción del tendón tibial posterior</i>	28
1.4.3. <i>Clasificación y tratamiento del pie plano adquirido</i>	29
1.5. El foot core	32
1.5.1. <i>Evaluación de la musculatura intrínseca del pie</i>	33
1.5.2. <i>Ejercicios de la musculatura intrínseca plantar</i>	33
1.6. Justificación del estudio	36
2. OBJETIVOS	37
2.1. Objetivo General:	37
2.2. Objetivos Específicos:	37
3. METODOLOGÍA	39
3.1. Diseño de estudio	39
3.2. Fuentes documentales consultadas	39
3.3. Estrategias de búsqueda	39
3.3.1. <i>Pregunta PICO</i>	39
3.3.2. <i>Descriptores y estrategias</i>	40
3.3.3. <i>Criterios de elegibilidad</i>	41
3.4. Proceso de selección de resultados	42
3.5. Proceso de extracción de datos	42
3.6. Herramienta de valoración de sesgo	43
4. RESULTADOS	45
4.1. Selección de los estudios	45
4.1.1. <i>Diagrama de flujo</i>	45
4.1.2. <i>Riesgo de sesgo de los artículos incluidos</i>	46
4.2. Características de los estudios incluidos	47

4.2.1. Año de publicación, autor y país	47
4.2.2. Diseño del estudio.....	48
4.2.3. Criterios de inclusión.....	48
4.2.4. Criterios de exclusión.....	48
4.3. Características de la muestra.....	51
4.3.1. Tamaño de la muestra	51
4.3.2. Edad y Sexo.....	51
4.3.3. Altura.....	51
4.3.4. Peso/Índice de Masa Corporal.....	51
4.3.5. Escalas de medición del pie plano.....	52
4.4. Características de la intervención	54
4.4.1. Tipo de intervención.....	54
4.4.2. Procedimiento de la intervención	54
4.4.3. Seguimiento del ejercicio	56
4.4.4. Frecuencia del ejercicio	56
4.5. Características de los resultados y conclusiones	58
5.DISCUSIÓN	63
5.1. Limitaciones.....	67
5.2 Aplicaciones clínicas	67
5.3. Investigaciones futuras.....	67
6. CONCLUSIONES	69
7. BIBLIOGRAFÍA	71
8. ANEXOS	77
8.1. ANEXO 1: Foot Posture Index	77

FIGURAS

Figura 1. El sistema central del pie.....	32
Figura 2. Maniobra de pie corto.....	34
Figura 3. A) Abombamiento del pie, B) Yoga de los dedos, C) Abducción/Aducción de los dedos	34
Figura 4. Estimulación eléctrica neuromuscular.....	35
Figura 5. Diseño de la estructura PICO.....	39
Figura 6. Proceso de identificación y selección de los estudios.....	45

TABLAS

Tabla 1. Estadios pie plano adulto adquirido.....	30
Tabla 2. Estrategias de búsqueda.....	41
Tabla 3. Evaluación del riesgo de sesgo Cochrane.....	47
Tabla 4. Características generales de los estudios y criterios de inclusión y exclusión.....	50
Tabla 5. Características de la muestra.....	53
Tabla 6. Características de la intervención.....	57
Tabla 7. Características de los resultados del estudio de Kim et al.....	58
Tabla 8. Características de los resultados del estudio de Banu et al.....	59
Tabla 9. Características de los resultados del estudio de Okamura et al.....	60
Tabla 10. Características de los resultados del estudio de Namsawang et al.....	61
Tabla 11. Características de los resultados del estudio de Pabón-Carrasco et al...	61
Tabla 12. Características de los resultados del estudio de Sánchez-Rodríguez et al.....	62

GRÁFICOS

Gráfico 1. Año de publicación de los artículos seleccionados.....	48
---	----

RESUMEN

Introducción: El pie plano es una modificación de la anatomía estructural del pie que puede ser unilateral o bilateral. La prevalencia de dicha patología gira en torno al 25% de la población. Puede presentarse desde el nacimiento (pie plano congénito) o desarrollarse en la edad adulta (pie plano adulto adquirido). La incidencia de pie plano disminuye con el aumento de edad. Aproximadamente un 15% de la población adulta con pie plano adquirido, no presenta síntomas, pero existe un 7-15% que desarrolla síntomas y necesita tratamiento. **Objetivo:** El objetivo principal de este estudio es identificar qué efectos produce el fortalecimiento de la musculatura intrínseca plantar en adultos con pie plano o pie pronado. **Metodología:** Se ha llevado a cabo una revisión sistemática de la evidencia científica de los últimos 5 años. La estrategia de búsqueda se ha realizado en bases de datos como Pubmed, Web of Science, Cochrane Library, Ebsco y PEDro utilizando los descriptores médicos: “pronation”, “flatfoot”, “exercise therapy”. La búsqueda fue efectuada durante los meses de febrero y abril de 2021. En la selección de los artículos se siguieron las proposiciones de la declaración PRISMA, incluyendo aquellos artículos que cumplían nuestros criterios de elegibilidad. **Resultados:** Se seleccionaron un total de 6 artículos. El tratamiento más empleado fue el ejercicio de pie corto sólo o combinado con estimulación eléctrica neuromuscular. Las variables más analizadas fueron el foot posture index y el navicular drop. En todos los artículos hubo una mejora significativa de las mediciones estudiadas. **Conclusión:** El fortalecimiento de la musculatura intrínseca plantar mejora la cinética y cinemática de la marcha actuando sobre la alineación del pie y disminuyendo la pronación del pie, el dolor y la discapacidad en sujetos diagnosticados de pie plano.

Palabras Clave: Pronación, Pie Plano, Terapia por Ejercicio

ABSTRACT

Introduction: Flat feet is a modification of the structural anatomy of the foot that can be unilateral or bilateral. The prevalence of this pathology is around 25% of the population. It can be present from birth (congenital flat feet) or develop in adulthood (acquired adult flat feet). The incidence of flat feet decreases with age. Approximately 15% of the adult population with acquired flat feet has no symptoms, but 7-15% develop symptoms and require treatment. **Objective:** The main objective of this study is to identify the effects of strengthening the plantar intrinsic musculature in adults with flat feet or pronated foot. **Methodology:** A systematic review of the scientific evidence of the last 5 years was carried out. The search strategy was carried out in databases such as Pubmed, Web of Science, Cochrane Library, Ebsco and PEDro using the medical descriptors: "pronation", "flat feet", "exercise therapy". The search was carried out during the months of February and April 2021. In the selection of articles, we followed the propositions of the PRISMA statement, including those articles that met our eligibility criteria. **Results:** A total of 6 articles were selected. The most employed treatment was short-foot exercise alone or combined with neuromuscular electrical stimulation. The most analyzed variables were foot posture index and navicular drop. In all articles there was a significant improvement in the measurements studied. **Conclusion:** Strengthening the plantar intrinsic musculature improves gait kinetics and kinematics by acting on foot alignment and decreasing foot pronation, pain and disability in subjects diagnosed with flatfoot.

Key words: Pronation, Flat Feet, Exercise Therapy

1. INTRODUCCIÓN

1.1. EL pie: anatomía y función

El pie humano, es la parte más distal de la extremidad inferior, conecta el organismo con el medio, se trata de la base de sustentación del aparato locomotor. Su biomecánica le aporta la capacidad de convertirse en estructura rígida o flexible que le permite cumplir las demandas de apoyo y locomoción del cuerpo humano, así como poder realizar los movimientos más complicados¹.

El pie humano está integrado por 26 huesos, 33 articulaciones, un gran número de ligamentos y músculos².

Se divide en tres partes anatómico-funcionales: retropié, mediopié y antepié³. Sus componentes óseos forman en su parte central una bóveda, la cuál le da una gran resistencia para cargar peso². Los puntos de apoyo de esta bóveda plantar son la cabeza del primer metatarsiano, la cabeza del quinto metatarsiano y la apófisis del calcáneo. De la unión de estos tres puntos, surge la formación de tres arcos: arco externo, arco anterior o transversal y arco longitudinal o interno^{1,2}.

1.1.1. Funciones del pie

Las funciones del pie se pueden dividir en: función motora, función de equilibrio y función amortiguadora:

- Función motora: gracias a esta función, podemos caminar, correr y saltar.
- Función de equilibrio: capacidad de adaptarse a las distintas superficies del suelo, se consigue con la ayuda de estructuras anatómicas como son los huesos metatarsianos, los ligamentos laterales y la articulación del tobillo.
- Función amortiguadora: desempeñada en el momento en el que el pie llega a apoyarse en el suelo y absorbe la fuerza de impacto, imprescindible para esta función, su estructura esquelética, la

aponeurosis plantar y ligamentos, los tensores activos musculares y la grasa plantar³.

1.1.2. Arco longitudinal interno

El arco longitudinal interno (ALI) engloba 5 huesos: primer metatarsiano, primera cuña, escafoides, astrágalo y calcáneo. Mantiene su concavidad gracias a los músculos y ligamentos que actúan como tensores (músculo tibial posterior, peroneo lateral largo (PLL), flexor del primer dedo y aductor)³.

Este arco, está relacionado con la absorción de impactos y la transmisión de fuerza⁴.

El ALI, puede sufrir modificaciones debido al efecto de las cargas sobre el mismo, produciéndose un descenso de altura por la laxitud ligamentosa o por la falta de tensión de los músculos^{4,5}.

Una gran modificación en la altura del arco longitudinal puede llevar a un proceso patológico y como consecuencia a una disfunción del pie⁵.

El pie humano se puede clasificar en función de la altura del ALI, en pie neutro (altura normal), pie plano (altura disminuida) y pie cavo (altura aumentada)⁶.

Los individuos con un arco longitudinal disminuido o pie plano, pueden sufrir dolor, afectación articular, fatiga e incluso puede relacionarse con deformidades como hallux valgus, metatarsalgia y dedos en garra⁵.

1.2. Musculatura intrínseca del pie

Se puede decir que los músculos del pie y la fascia plantar tienen un papel fundamental en el mantenimiento de la postura estática del pie⁷ ya que las estructuras óseas por sí solas no mantienen la estabilidad del arco. El principal estabilizador dinámico del ALI es el músculo tibial posterior⁸.

El pie humano es una estructura flexible, el ALI está sometido a fuerzas que provocan su deformación y la consecuente liberación de energía necesaria para caminar y correr⁹.

Estos cambios en el ALI están controlados por estructuras que mantienen la estabilidad necesaria para un buen funcionamiento del pie⁹.

Estas estructuras las podemos agrupar en 3 subsistemas:

- Activo: formado por los músculos intrínsecos.
- Pasivo: formado por los huesos, ligamentos y cápsulas articulares.
- Neural: el cuál engloba los receptores sensoriales de la fascia plantar, los músculos, los ligamentos y las cápsulas articulares^{9,10}.

Los tendones intervienen tanto en el subsistema activo como el subsistema pasivo.

La musculatura intrínseca plantar está formada por los siguientes músculos: abductor del hallux (AbdH), abductor del 5º dedo, cuadrado plantar, lumbricales, flexor corto de los dedos (FCD), aductor del hallux, flexor corto del hallux (FCH) e interóseos¹¹.

Los músculos intrínsecos plantares, en inglés, “plantar intrinsic muscles” (PIM_s) se encuentran situados dentro del pie debajo del arco longitudinal, varios de ellos abarcan este arco, funcionando a la par de la aponeurosis plantar^{9,10}. Constituyen el subsistema activo de estabilización del pie, generando fuerzas para controlar el movimiento de los segmentos del pie, para estabilizar el pie, soportando el peso del arco longitudinal y endureciendo el antepié en la fase tardía de la marcha momento en el que el pie actúa como palanca rígida preparándose para la propulsión según la teoría planteada por Mann e Inman¹⁰. Otra de las funciones de los PIM_s es intensificar los mecanismos de propiocepción para el mantenimiento del equilibrio¹².

En 1968, Gray y Basmajian ya sugieren que los PIM_s son estabilizadores activos de los dedos del pie en el tercer rocker de la marcha y proporcionan resistencia a la pronación de la articulación subastragalina¹³.

La disfunción de los PIM_s conlleva a un aumento de la pronación durante la posición estática, la marcha o la carrera^{9,13}.

La consecuencia de esta alteración es un pie menos rígido con menor transmisión de fuerza a través de la palanca del pie y una adaptación deficiente del pie en el plano transversal^{9,14}.

Un apoyo ineficaz del ALI puede favorecer la aparición de lesiones como la fascitis plantar o el síndrome de estrés tibial medial como consecuencia de una capacidad reducida de controlar la pronación excesiva del pie¹³.

Se ha confirmado que la fuerza y función de la musculatura están relacionadas con la postura del pie y que la cinemática del pie es distinta entre las posturas de pie plano o pronado, cavo y normal^{6,15}.

1.3. Patologías asociadas a pronación anormal del pie

El movimiento del pie durante una actividad determinada es fundamental a la hora de predecir el riesgo de lesión, es de nuestro interés conocer los aspectos más relevantes sobre la pronación anormal del pie para entender las patologías asociadas a dicho movimiento¹⁶.

La pronación del pie se define como la rotación hacia dentro del pie en torno a su eje articular subtalar^{6,16}, entendemos por pronación anormal del pie, el movimiento anormal de rotación interna de todo el pie sobre su eje subtalar¹⁷. Para cuantificar la pronación, se pueden valorar las siguientes variables: ángulo de retropie, ángulo del tendón de Aquiles, el ángulo del ALI, el test del navicular drop (ND), así como el foot posture index (FPI)¹⁶ (Anexo 1)¹⁸.

Durante la bipedestación estática, la posición pronada del pie puede contribuir a una fatiga de la musculatura de la pierna, del pie y a un aumento de la tensión ligamentosa^{19,20}, aunque no todos los individuos con una postura de pie pronado desarrollan sintomatología asociada ya que se ha demostrado que un dolor agudo en estática en un pie anormalmente pronado no tiene por qué ser

de causa mecánica¹⁷. En cambio, durante la locomoción, un pie anormalmente pronado es considerado causa de sintomatología crónica^{17,21}.

Las diferentes posturas que puede adquirir el pie respecto a la normalidad como es el caso del pie plano o el pie cavo constituyen un factor de riesgo para el desarrollo de lesiones en extremidades inferiores²⁰. A mayor cantidad de pronación anormal en el pie durante la carga, mayor inestabilidad articular y mayor riesgo de sufrir patología final¹⁷.

1.4. Pie plano adulto

El pie plano es una modificación de la anatomía estructural del pie que puede darse en un pie (unilateral) o en ambos pies (bilateral)⁶. Se trata de una preocupación común por parte de los pacientes que lo padecen y puede ser de desarrollo, el cuál es normal en los niños pequeños o adquirido que permanece en la edad adulta⁸.

Varios artículos de la literatura coinciden al señalar las distintas variables cinéticas y cinemáticas que se dan en los pies planos como son la eversión del retropié, eversión del antepié, mayor abducción del antepié, mayor rotación interna tibial y eversión de la articulación subastragalina^{6,8,22}. Estas alteraciones junto a un arco medial disminuido de manera parcial o total, conducen a una disfunción de la marcha por la incapacidad del pie de adaptarse al terreno durante las distintas fases de la marcha^{8,23}.

1.4.1. Epidemiología y etiología del pie plano

El pie plano se asocia con un mayor número de lesiones en las extremidades inferiores de la población⁶. Según estudios anteriores, la prevalencia de pie plano gira en torno al 25% de la población⁶, aunque existen otros estudios que muestran alrededor del 15-19% o incluso hasta un 26,5%^{22,24}.

La incidencia de pie plano disminuye con el aumento de edad, encontramos una prevalencia del 54% a los 3 años, del 24% a los 6 años y del

Eficacia del fortalecimiento de la musculatura intrínseca plantar en pacientes con pie plano. Revisión sistemática.

11,25% en edad comprendida entre los 18-25 años⁶. Se considera al pie plano como una de las patologías más frecuentes en el pie²⁵.

La aparición de pie plano puede ser multifactorial. Puede presentarse desde el nacimiento (pie plano congénito) o desarrollarse en la edad adulta (pie plano adulto adquirido)⁶.

La prevalencia parece ser mayor en mujeres de edad avanzada^{6,8}, en individuos con un índice de masa corporal (IMC) alto y en individuos con pies grandes⁶.

La alteración a nivel de la musculatura intrínseca y extrínseca es un factor causal⁶ pero un gran número de artículos de la literatura hacen referencia a la degeneración del tendón tibial posterior (TTP) como principal causa de pie plano adquirido^{22,26,27}.

1.4.2. Disfunción del tendón tibial posterior

Desde 1990, hay más de 350 artículos publicados en la literatura médica sobre la disfunción del tendón tibial posterior (DTTP)²⁷. El autor Key²⁸ describe por primera vez este término en el año 1953 y se piensa que su prevalencia es superior al 3%²⁶.

La acción del TTP radica en la flexión plantar e inversión del pie y sólo está activo durante la fase de apoyo manteniendo los arcos y soportando el peso del cuerpo^{26,27}. Además, bloquea las articulaciones tarsales transversales creando una estructura rígida para empujar²⁹.

La correcta función del TTP permite una marcha eficaz sin dolor y evita la aparición de pie plano adquirido²⁶.

La degeneración del TTP engloba la tenosinovitis, tendinosis, alargamiento y desgarramiento del tendón. Un pie mal alineado, inicialmente es flexible pero se va volviendo rígido a medida que el trastorno evoluciona⁸.

La DTTP conlleva al daño del ligamento de resorte y ligamentos talocalcáneos, asociándose a lesión del ligamento deltoideo, de la fascia plantar y partes

blandas. El fallo de varios estabilizadores es considerado consecuencia de la deformidad de pie plano adquirido resultando en un pie con arco medial disminuido, subluxación peritalar y rotación externa siendo más largo por su parte medial y más corto por su parte lateral⁸.

Cuando el TTP deja de actuar como principal estabilizador del mediopié en dinámica, las fuerzas patológicas sobre el mediopié dan lugar al colapso del arco y la abducción del antepié²⁶. Holmes y Mann indican la asociación entre la DTTP y la obesidad, hipertensión, trauma, diabetes e inyecciones de corticoides, ya que la mayoría de sus pacientes con DTTP presentaban alguno de estos ítems patológicos²⁹.

1.4.3. Clasificación y tratamiento del pie plano adquirido

Aproximadamente un 15% de la población adulta con pie plano adquirido, no presenta síntomas^{8,22}, pero existe un 7-15% que desarrolla síntomas y necesitan tratamiento²⁹.

El dolor inicial localizado en el recorrido del TTP es normal y depende de la actividad del paciente. El dolor en reposo aparece con la evolución de la deformidad siendo más frecuente en el seno del tarso por pinzamiento y región subfibular provocando malestar lateralmente²⁹.

Un dolor más intenso, inflamación, mala alineación y alteración de la marcha, son síntomas que se desarrollan a medida que avanza la degeneración del tendón⁸.

El tratamiento del pie plano adulto adquirido depende de la sintomatología y hallazgos de la exploración física. Se utiliza un sistema de estadificación (Tabla 1)^{8,22,26} basado en el original trabajo de Johnson y Strom que detallan tres estadios de disfunción. Myerson añadió un cuarto estadio en 1997²⁶.

Tabla 1: Estadios pie plano adulto adquirido

	ESTADIO	SÍNTOMAS	Tratamiento
		DEFORMIDAD	
JOHNSON Y STROM ^{8,22}	I	Dolor tobillo. Sensibilidad en recorrido TTP. Disminución de la resistencia.	<u>CONSERVADOR</u> Antiinflamatorios no esteroideos. Inyecciones locales corticoesteroides. Ejercicios domiciliarios.
	II	Deformidad flexible (disminución del ALI). Debilidad de la inversión del pie flexionado. Incapacidad de elevar el talón con una sola pierna.	<u>CONSERVADOR</u> Ortesis y ejercicios domiciliarios en estadio II leve. <u>QUIRÚRGICO</u> En estadio II avanzado.
	III	Deformidad irreductible (artrosis mediopié)	<u>QUIRÚRGICO</u> Alargamiento de la columna lateral + estabilización medial.
MYERSON ²⁶	IV	Afectación de la articulación tibiotalar.	<u>QUIRÚRGICO</u>

Fuente: elaboración propia

La deformidad leve se trata de manera conservadora, siendo el tratamiento quirúrgico necesario en un estadio avanzado de la enfermedad⁸. La selección del tratamiento va a depender de la persona, la situación y la gravedad⁶.

Hay 3 objetivos del tratamiento de la DTTP: disminución del dolor, recuperación de la función y movilidad, prevención de la progresión de la deformidad²⁷.

Desde un punto de vista conservador, se puede hacer referencia a los siguientes tratamientos:

- Vendaje del arco y ortesis: suelen combinarse con medicamentos analgésicos en fases agudas⁶. Se dispone de cintas elásticas y no elásticas (rígidas), las no elásticas son más efectivas que las elásticas, ya que reducen el dolor aunque no modifican la pronación del retropie³⁰. Se considera que el kinesiotape corrige la deformidad a través del aumento de la retroalimentación propioceptiva de los pies³¹. Las ortesis de tobillo se usan con mayor frecuencia en los pies planos adquiridos y durante un tiempo limitado, su objetivo es proporcionar apoyo y el alivio del dolor³².
- Ortesis plantares: actúan como alivio temporal del dolor en individuos con pie plano³³. Las plantillas reducen la eversión de la articulación talocalcánea⁶. Se trata de un soporte plantar que ayuda a la alineación y correcto funcionamiento del pie⁶, aumenta la percepción sensorial medial del pie manteniendo el equilibrio postural^{6,33}. Reducen la eversión del calcáneo y frenan la hiperpronación del pie. El efecto de las ortesis plantares sobre la cinética y cinemática no está claro, hay un estudio que prueba que con las ortesis plantares, en algunos casos se ha aliviado el dolor y en otros no³⁴.

Según la literatura, el uso de ortesis plantares puede ser beneficioso aunque se desconocen los efectos a largo plazo³⁵.

- Calzado: el uso del calzado en el tratamiento del pie plano no está claro³⁶. Existen algunos estudios que hacen referencia a los efectos del calzado sobre la actividad muscular del pie. El calzado convencional está fabricado con características que disminuyen la sobrecarga de la musculatura intrínseca del pie, aunque también contribuyen a la función normal y desarrollo del arco³⁷. Robbins y Hanna comprueban que el caminar o correr con calzado minimalista produce un fortalecimiento de la musculatura intrínseca del pie³⁸.

- Entrenamiento de la musculatura plantar intrínseca: el ALI se apoya de manera activa y pasiva sobre estructuras plantares. Se ha confirmado que los ejercicios para el fortalecimiento de los músculos intrínsecos del pie son útiles en el tratamiento de pie plano adquirido⁶. Estos ejercicios pueden modificar las presiones plantares y aliviar el dolor. Hay estudios sobre el entrenamiento de la musculatura intrínseca plantar durante 4 semanas, dando como resultado un aumento del equilibrio y una reducción de la caída del navicular³⁹.

1.5. El foot core

El término foot core o entrenamiento del pie se asemeja al entrenamiento del core del tronco, se trabajan los estabilizadores locales, globales y sistema neural para lograr una estabilidad y movilidad necesaria para las actividades diarias⁹.

Patrick McKeon y col.⁴⁰ establecen similitudes entre la musculatura del abdomen y columna vertebral y la musculatura intrínseca del pie (Figura 1)⁴⁰.

En el año 2006 se propusieron por primera vez estos conceptos relacionados con el pie y tobillo⁴¹.

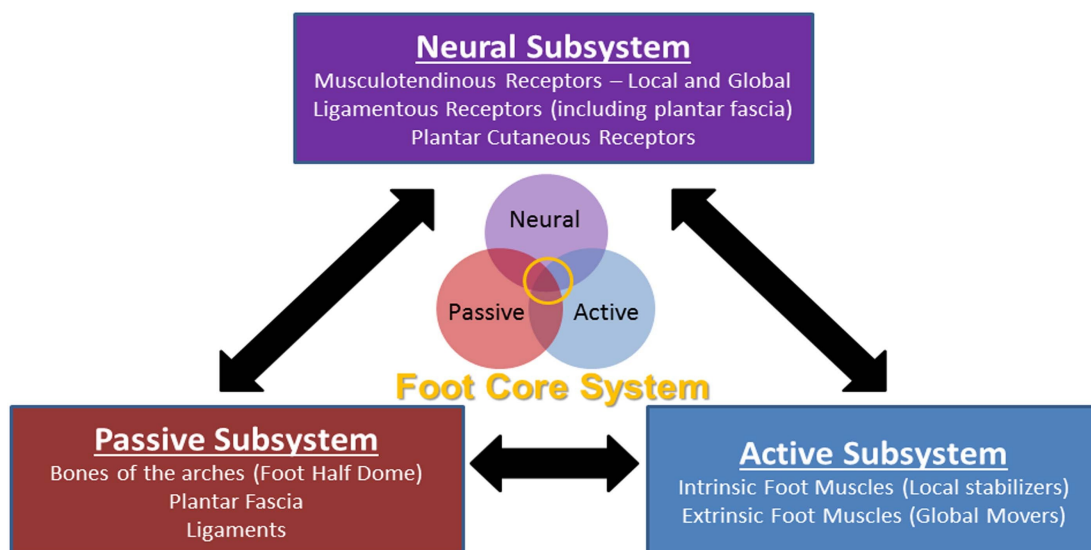


Figura 1. El sistema central del pie.

1.5.1. Evaluación de la musculatura intrínseca del pie

No existe una prueba gold standard para evaluar la función de los músculos intrínsecos del pie, las pruebas de evaluación se han clasificado en evaluaciones directas e indirectas de la función muscular. Las técnicas directas se centran en evaluar la fuerza de flexión de los dedos del pie, y las indirectas incluyen técnicas de imagen y electromiografías⁴².

La evaluación de los músculos intrínsecos del pie se realiza para valorar la capacidad del paciente de mantener una postura neutral del pie y la altura del ALI durante el apoyo sobre una sola extremidad⁴¹.

1.5.2. Ejercicios de la musculatura intrínseca plantar

El ejercicio terapéutico de los músculos intrínsecos del pie se origina durante los ejercicios que producen flexión de los dedos, como son los rizos de toalla y la recogida de canicas⁴⁰.

Actualmente, se ha descrito el “ejercicio de pie corto” (Figura 2)⁴⁰ como principal ejercicio en el entrenamiento de la musculatura intrínseca del pie^{9,40,42}. En este ejercicio, el pie se acorta con el uso de la musculatura intrínseca tirando de la primera articulación metatarsofalángica hacia el calcáneo y elevando como resultado el ALI. Este ejercicio también se denomina “abombamiento del pie”. (Figura 3)⁴³.

Otro tipo de ejercicio para trabajar la musculatura intrínseca del pie es el llamado “yoga de los dedos” (Figura 3)⁴³, se le pide al paciente que extienda el dedo gordo del pie mientras mantiene el resto de dedos pegados al suelo y viceversa, levanta los dedos pequeños y mantiene el gordo pegado al suelo⁴³. La abducción/aducción de los dedos es otro ejercicio que consiste en separar los dedos y volver a juntarlos (Figura 3)⁴³.

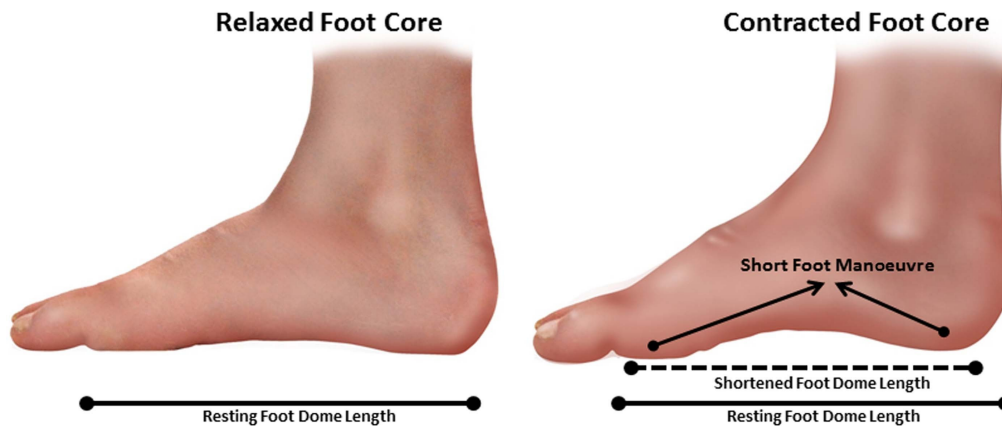


Figura 2. Maniobra de pie corto: Se representa la diferencia de longitud entre el pie relajado (izquierda) y pie contraído (derecha).



Figura 3: A) Abombamiento del pie B) Yoga de los dedos C) Abducción/Aducción de los dedos.

Según la literatura, tras 4 semanas de ejercicios de pie corto combinado con el uso de ortesis plantares producen un aumento de fuerza de la flexión del dedo gordo del pie y de la zona transversal del músculo abductor del hallux en comparación con el uso de ortesis solamente³⁵.

Caminar y correr con pies descalzos o calzado mínimo es una herramienta eficaz para el fortalecimiento de la musculatura intrínseca del pie⁴⁰. En 1987, Robbins y Hanna³⁸ comprueban a través de una radiografía simple, la reducción del pie tras caminar o correr durante 4 meses. De esta manera, el acortamiento del pie es considerado como una medida indirecta de fortalecimiento del pie ya que demuestra una elevación del ALI^{40,42}.

Otra alternativa para el fortalecimiento de la musculatura intrínseca es la estimulación eléctrica neuromuscular (EENM) de la musculatura intrínseca. Esta técnica activa de manera involuntaria los músculos intrínsecos permitiendo que el paciente comprenda la biomecánica del pie y así mejorar la postura del pie^{44,45} (Figura 4)⁴⁰.



Figura 4: Estimulación eléctrica neuromuscular

Un programa de fortalecimiento de 3 semanas, 3 sesiones a la semana de EENM, reduce la caída del navicular⁴⁰. Según la literatura, debe completarse un ciclo de 9-12 sesiones de EENM durante 3-5 semanas⁹.

1.6. Justificación del estudio

Estudios sobre la carrera y la marcha, han demostrado que los individuos con pie plano son más susceptibles de sufrir lesiones. Tras revisar la literatura, múltiples autores coinciden en que la prevalencia del pie plano en el adulto gira en torno al 25%⁶, porcentaje alto de afectación que puede llegar a alterar las actividades de la vida diaria, así como provocar lesiones e interferir en el rendimiento deportivo cuando cursan con dolor (7-15% de la población tiene sintomatología)²⁹.

Una de las características anatómicas principales del pie plano es el descenso del arco longitudinal interno, este arco es sustentado por la musculatura intrínseca plantar considerada estabilizadora del pie. Estos músculos rara vez son tratados en los programas de rehabilitación. Entre las ventajas de incluir un programa de ejercicios como tratamiento conservador, predominan la falta de complicaciones secundarias a procedimientos quirúrgicos y los beneficios económicos tanto a nivel social como individual, ya que se trata de un protocolo terapéutico que el paciente puede realizar en su domicilio.

Por tanto, con esta revisión de la literatura se pretende demostrar la importancia del fortalecimiento de la musculatura intrínseca plantar para mantener la estabilidad del pie y lograr el funcionamiento normal del pie y de la extremidad inferior.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General:

- Identificar qué efectos produce el fortalecimiento de la musculatura intrínseca plantar en adultos con pie plano o pie pronado.

2.2. Objetivos Específicos:

- Determinar la pauta de ejercicios más efectiva para la mejora de la pronación o el pie plano.
- Comparar el efecto del foot core frente a otros tratamientos conservadores.
- Identificar las principales escalas de medición de la pronación en pie plano.

3. METODOLOGÍA

3.1. Diseño de estudio

Se ha llevado a cabo una revisión sistemática de estudios que se centran en el fortalecimiento de la musculatura intrínseca del pie como terapia de tratamiento en el pie plano adulto o pie pronado. Para ello, hemos seguido las recomendaciones “preferred reported ítems of systematic reviews and meta-analysis” (PRISMA)⁴⁶ con el objetivo de minimizar el riesgo de sesgo de publicación y de selección, y para asegurar el correcto procedimiento metodológico.

3.2. Fuentes documentales consultadas

Para cumplir con el objetivo de nuestra revisión sistemática, se consultaron las siguientes bases de datos: Pubmed, Web of Science (WoS), Cochrane Library, Ebsco y PEDro, así como el buscador científico Google Scholar.

Fueron consultadas las referencias bibliográficas de los artículos rescatados de dichas bases de datos.

3.3. Estrategias de búsqueda

3.3.1. Pregunta PICO

Para formular nuestra pregunta de investigación se aplicó la estructura PICO (figura 5).

ESTRATEGIA PICO	
PATIENT	Paciente con pie plano adquirido
INTERVENTION	Entrenamiento de la musculatura intrínseca plantar
COMPARISION	Otros tratamientos conservadores
OUTCOME	Control del arco longitudinal interno

Figura 5. Diseño de la estructura PICO. Fuente: elaboración propia

Según esta estrategia se formula la siguiente pregunta de investigación:
¿Es efectiva la activación de la musculatura intrínseca de la planta del pie para la mejora y control de la pronación y el pie plano en adultos?

3.3.2. Descriptores y estrategias

Las palabras clave empleadas en las distintas bases de datos fueron buscadas en la página de Descriptores Médicos (DeCs): “pronation”, “flatfoot”, “exercise therapy”.

En la búsqueda también se incluyeron términos naturales usados como sinónimos: “exercise”, “muscle strength”, “pronated foot”.

La combinación de dichas palabras se realizó utilizando los operadores booleanos “AND” y “OR”.

Utilizando la estrategia de búsqueda reflejada en la tabla 2, se hizo selección de los artículos más relevantes tras la lectura del título y resumen, descartándose aquellos que no tuviesen relación con nuestro tema, para una posterior lectura completa.

Como estrategia secundaria se hizo una revisión de las referencias bibliográficas de los artículos encontrados para identificar posibles artículos de nuestro interés que no pudieron ser extraídos de las bases de datos utilizadas.

La búsqueda se realizó entre febrero de 2021 y abril de 2021.

TABLA 2. Estrategias de Búsqueda.

BASE DE DATOS	ESTRATEGIA UTILIZADA	TOTAL ARTÍCULOS ENCONTRADOS	ARTÍCULOS ENCONTRADOS CON FILTRO*	ARTÍCULOS SELECCIONADOS
PUBMED	((("flatfoot"[MeSH Terms])OR(pronated foot[MeSH Terms]))OR(pronation[MeSH Terms]))AND((muscle strength OR exercise OR exercise therapy)[MeSH Terms])	637	18	4
WEB OF SCIENCE (WoS)	((flatfoot OR pronated foot OR pronation)) AND ((muscle strength OR exercise OR exercise therapy))	193	28	6
EBSCO	(Flatfoot OR pronated foot) AND (muscle strength OR exercise therapy)	162	35	3
COCHRANE LIBRARY	(flatfoot OR pronated foot) AND (muscle strength OR exercise therapy)	54	34	4
PEDro	Flatfoot*	6	-	0
	Pronated Foot*	13	-	1

*Filtros: últimos 5 años, ensayos clínicos aleatorizados, estudios en humanos, estudios en inglés, español y portugués.

En la escala PEDro no se utilizan filtros porque el número de artículos era muy reducido.

Fuente: elaboración propia.

3.3.3. Criterios de elegibilidad

Partiendo de nuestra pregunta de investigación, se han seleccionado artículos científicos teniendo en cuenta que fuesen ensayos clínicos que estudiaran el resultado del fortalecimiento o activación de la musculatura intrínseca plantar como tratamiento en el pie plano adulto o pie pronado sin patología previa. Se aceptaron todos los artículos publicados en inglés, español y portugués, en el periodo comprendido entre enero de 2016 y abril de 2021, aunque no estuviesen publicados en ese momento, hubiesen sido aceptados y revisados por pares. No se contemplaron para este trabajo revisiones sistemáticas, resúmenes de congresos, posters o artículos de opinión.

Los participantes de los estudios, debían ser personas con edad comprendida entre los 18 y 65 años, diagnosticados de pie pronado o pie plano flexible o semiflexible. Los pacientes con pie plano rígido, con patología de tipo sistémica, neurodegenerativa en el momento de la intervención o sometidos previamente a cirugía del miembro inferior fueron excluidos ya que estos pacientes tienen una biomecánica del pie secundaria a dichos procesos y al

aplicar las medidas terapéuticas que se quieren estudiar, podrían dar sesgo en nuestros resultados.

Los artículos seleccionados podían comparar los beneficios terapéuticos de la activación de la musculatura intrínseca plantar sobre el pie plano o pie pronado respecto a otras medidas conservadoras.

3.4. Proceso de selección de resultados

La selección de los artículos relevantes fue realizada por un solo investigador.

Una vez recopilados todos los artículos a través de nuestra estrategia de búsqueda, se eliminaron los duplicados. A continuación, se procedió a la lectura del título de los artículos y fueron eliminados todos aquellos cuyo tema no era de nuestro interés. Posteriormente se hizo la lectura de los resúmenes eliminando aquellos que no cumplían con nuestros criterios de inclusión. Por último, se realizó una lectura a texto completo excluyendo aquellos que no superaban nuestros criterios de exclusión.

3.5. Proceso de extracción de datos

La extracción de datos de los estudios se hizo en base a las siguientes variables: características de los estudios, características de la muestra, características de la intervención y los resultados.

Como características del estudio, se tuvo en cuenta el autor, año de publicación y diseño del estudio.

Se prestó atención a los criterios de inclusión y exclusión de cada uno de los estudios.

En cuanto a las características de la muestra, tuvimos en consideración, el número de participantes, la edad, el sexo, el peso, la altura, el IMC y las variables medidas para el diagnóstico de pie plano o pie pronado.

Los datos extraídos como características de la intervención fueron las escalas de medición para la evaluación pre y post de la posición del pie, el tipo de ejercicio realizado o método de activación de la musculatura intrínseca plantar, si era bilateral o unilateral, la frecuencia del ejercicio en cuanto a número de sesiones, tiempo invertido en cada una de ellas y la duración del seguimiento.

Además, se extrajeron los datos que consideramos relevantes de sus resultados y conclusiones.

3.6. Herramienta de valoración de sesgo

El riesgo de sesgo de los artículos seleccionados, fue evaluado con la escala Risk of Bias de Cochrane (RoB 2)⁴⁷ cuya finalidad es disminuir el riesgo de sesgos en el proceso de revisión.

Esta herramienta se usa para evaluar la calidad de los estudios seleccionados. Se trata de una evaluación que abarca seis dominios específicos (sesgo de selección, sesgo de realización, sesgo de detección, sesgo de desgaste, sesgo de notificación y “otros sesgos”). De manera individual, se evalúan un total de 7 ítems para todos los dominios resultando una valoración de “bajo riesgo” (color verde), “alto riesgo” (color rojo) o “poco claro” (color amarillo).

4. RESULTADOS

4.1. Selección de los estudios

4.1.1. Diagrama de flujo

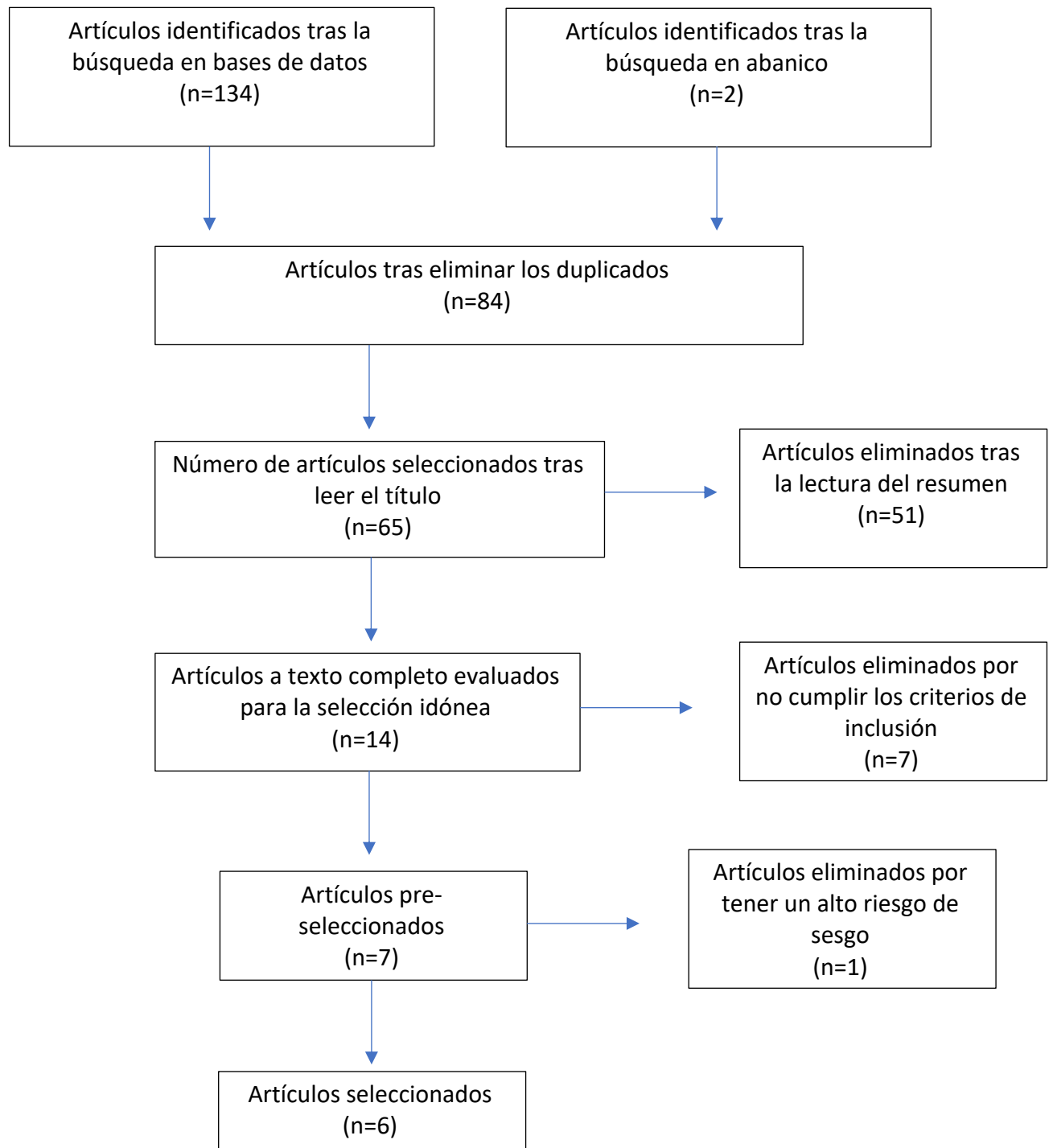


Figura 6. Proceso de identificación y selección de los estudios.

Fuente: elaboración propia.

Una vez eliminados los duplicados, se procedió a la lectura del título de los artículos recuperados excluyéndose 19 artículos, de los 65 restantes y tras la lectura del resumen, fueron descartados 51 artículos.











































Posteriormente, se hizo una lectura completa de los 14 artículos seleccionados para evaluar el cumplimiento de los criterios de elegibilidad, eliminándose 7 artículos por no cumplir los criterios de inclusión determinados. Al evaluar el nivel de evidencia de cada estudio, se observó que uno de ellos no cumplía los requisitos necesarios para ser catalogado como artículo de bajo riesgo de sesgo por lo que fue descartado.

Tras este proceso, fueron seleccionados para esta revisión sistemática un total de 6 artículos.

4.1.2. Riesgo de sesgo de los artículos incluidos

En la tabla 3, se puede observar la evaluación de los distintos ítems de riesgo de sesgo para cada estudio a través de la escala Risk of Bias de Cochrane (Rob2)⁴⁷. Un 43% de nuestros artículos obtuvieron la máxima puntuación de valoración (7/7) y el 57% restante obtuvo una puntuación de 5/7. Con estos resultados, podemos asegurar que la calidad metodológica de los estudios seleccionados para nuestra revisión es buena.

Tabla 3. Evaluación del riesgo de sesgo Cochrane.

AUTOR	Sesgo de Selección		Sesgo de realización	Sesgo de detección	Sesgo de desgaste	Sesgo de notificación	Otros sesgos	Bajo riesgo de sesgo
	Generación de la secuencia aleatoria	Ocultación de la asignación						
Kim et al. ⁴⁸ (2016)								5/7
Banu et al. ⁵¹ (2019)								5/7
Namsawang et al. ⁵² (2019)								7/7
Okamura et al. ⁵³ (2019)								7/7
Sánchez-Rodríguez et al. ⁵⁰ (2020)								5/7
Pabón-Carrasco et al. ⁴⁹ (2020)								7/7

Fuente: elaboración propia.

4.2. Características de los estudios incluidos

Las características de los estudios están reflejadas en la tabla 4.

4.2.1. Año de publicación, autor y país

Los artículos seleccionados, fueron publicados en los últimos 5 años tal y como muestra el gráfico 1. El más antiguo, Kim et al.⁴⁸ data del año 2016, los más actuales, Pabón-Carrasco et al.⁴⁹ y Sánchez-Rodríguez et al.⁵⁰ fueron publicados en el año 2020 y los tres restantes en el 2019.

El país con mayor número de publicaciones entre nuestros artículos es España.



Gráfico 1. Año de publicación de los artículos seleccionados.

Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Diseño del estudio

Los seis artículos seleccionados para esta revisión sistemática fueron ensayos clínicos controlados aleatorizados excepto uno de ellos Banu et al.⁵¹ que fue ensayo clínico controlado no aleatorizado, todos ellos publicados en inglés.

4.2.3. Criterios de inclusión

Los criterios de inclusión más frecuentes para la selección de los sujetos a estudio fueron: ser mayores de 18 años, tener pie plano flexible, un FPI>6 y un ND \geq 10mm. Solamente el autor Banu et al.⁵¹ seleccionó pacientes para su estudio con pie plano bilateral.

4.2.4. Criterios de exclusión

La mayoría de los autores coinciden en los criterios de exclusión: tener un pie plano rígido, antecedentes de pie y tobillo, problemas sistémicos,

neurológicos, antecedentes de cirugía en las extremidades inferiores, cualquier signo de dolor, tratamiento ortopédico actual, realizar ejercicios terapéuticos con extremidades inferiores, ser portador de marcapasos (en estudios de EENM como son los de Namsawang et al.⁵² y el de Kim et al⁴⁸).

Otros criterios de exclusión minoritarios son: embarazo, menopausia, diabetes mellitus.

TABLA 4. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS ESTUDIOS Y CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

CARACTERÍSTICAS DEL ESTUDIO			CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN			
AUTORES	TÍTULO	AÑO	DISEÑO DE ESTUDIO	PAIS	CRITERIOS INCLUSIÓN	DE CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
Kim et al. ⁴⁸	The effects of short foot exercises and arch support insoles on improvement in the medial longitudinal archa and dynamic balance of flexible flatfoot patients	2016	ECA	Corea	ND ≥ 10 mm	Realizar ejercicios de las extremidades inferiores por separado, hipoestesia del pie, fractura, luxación; enfermedad cutánea, enfermedad vascular
Banu et al. ⁵¹	Effects of short-foot exercises on foot posture, pain, disability and plantar pressure in pes planus	2019	EC no aleatorizado	Turquía	Edad entre 18 y 25 años, pie plano bilateral, FPI de 6	Pie plano rígido, hallux valgus, espón calcáneo, problemas sistémicos, neurológicos u ortopédicos, cirugía previa de extremidades inferiores
Namsawang et al. ⁵²	Effect of the short foot exercise with neuromuscular electrical stimulation on navicular height in flexible flatfoot in Thailand: a randomized controlled trial	2019	ECA	Tailandia	Pacientes diagnosticados de pie plano flexible	Pacientes con antecedentes de pie y tobillo, dolor, anteverción femoral, DITP, genu valgum, dismetrias, acortamiento de gastrocnemios, diabetes mellitus, artritis reumatoide, articulación hipermóvil, menopausia, uso de marcapasos cardiaco, trastorno neurológico en los últimos 6 meses
Okamura et al. ⁵³	Effects of plantar intrinsic muscle strengthening exercise on static and dynamic foot Kinematics: A pilot randomized controlled single-blind trial in individuals with pes planus	2019	ECA	Japón	Puntuación FPI > 6	Dolor en miembros inferiores, enfermedad neurológica, haber realizado ejercicios de pie corto previamente, convulsiones y uso de marcapasos
Pabón-Carrasco et al. ⁴⁹	Randomized Clinical Trial: The effect of exercise of the intrinsic muscle on foot pronation	2020	ECA	España	N/A	Puntuación FPI < 6; dolor en miembros inferiores, tratamiento ortopédico actual, enfermedades graves, hiperlaxitud ligamentosa, cirugía osteoarticular, embarazo, haber realizado previamente ejercicios de pie corto
Sánchez-Rodríguez et al. ⁵⁰	Modification of pronated foot posture after a program of therapeutic exercises	2020	ECA	España	Pacientes con pie pronado, edad entre 18-40 años	Tratamiento con soportes plantares; cirugía previa en extremidades inferiores, realización actual de algún tipo de ejercicios con fines terapéuticos

ECA: Ensayo Clínico Aleatorizado; EC: Ensayo Clínico; NA: No Aparece; ND: Navicular Drop; FPI: Foot Posture Index

4.3. Características de la muestra

Las características de la muestra quedan resumidas en la tabla 5.

4.3.1. *Tamaño de la muestra*

Los estudios seleccionados incluyeron un total de 232 participantes. La muestra con el menor número de sujetos corresponde al estudio de Kim et al.⁴⁸ que incluyó 14 pacientes mientras que el estudio con mayor tamaño de muestra fue el de Pabón-Carrasco et al.⁴⁹ que contó con 85 participantes para su ensayo.

4.3.2. *Edad y Sexo*

De los 232 participantes incluidos, un 59,92% se corresponde al sexo femenino y un 40,08% al sexo masculino.

Todos los estudios presentaron más mujeres que hombres en su muestra, excepto el estudio de Kim et al.⁴⁸ que presentó un mayor número de hombres.

Todos los estudios coincidieron en los rangos de edad de los participantes, siendo el estudio de Banu et al.⁵¹ el que incluyó participantes más jóvenes (18 años) y el de Kim et al.⁴⁸ el que contó con participantes hasta 26 años de edad. La edad media de todos los estudios fue de 21,34 años.

4.3.3. *Altura*

La altura de los sujetos fue recogida en centímetros (cm), solo 4 estudios tuvieron en consideración esta variable, Kim et al.⁴⁸, Okamura et al.⁵³, Namsawang et al.⁵² y Sánchez-Rodríguez et al.⁵⁰.

La altura media de estos 4 artículos fue de 165,80cm.

4.3.4. *Peso/Índice de Masa Corporal*

El peso fue recogido en Kilogramos (Kg), solo tuvieron en consideración esta variable los estudios de Kim et al.⁴⁸, Okamura et al.⁵³, Namsawang et al.⁵² y Sánchez-Rodríguez et al.⁵⁰. Los 2 restantes, Banu et al.⁵¹ y Pabón-Carrasco et

Eficacia del fortalecimiento de la musculatura intrínseca plantar en pacientes con pie plano. Revisión sistemática.

al.⁴⁹ no reflejaron el peso de los sujetos pero sí que calcularon el IMC. La media del peso fue de 61,20 Kg.

El IMC registrado en Kg/m² se tuvo en cuenta por todos los autores, excepto por Kim et al.⁴⁸. La media del IMC fue de 22,51 Kg/m².

4.3.5. Escalas de medición del pie plano

Todos los autores coincidieron en las variables necesarias para evaluar un pie como plano o pronado, éstas fueron el ND y el FPI. El autor Kim et al.⁴⁸ no tuvo en cuenta la puntuación FPI pero sí el ND y la evaluación de equilibrio. El autor Banu et al.⁵¹ incluyó, además de las ya mencionadas, otras medidas de evaluación como son el dolor a través de la escala visual analógica, en inglés, visual analogue scale (VAS), la presión plantar con el análisis pedobarográfico y la discapacidad a través del índice de función del pie. El autor Namsawang et al.⁵² tuvo en consideración el grosor del músculo abductor del hallux y la altura del navicular medida radiológicamente.

El autor Okamura et al.⁵³ también evaluó la fuerza máxima de reacción medial al suelo, la caída dinámica del navicular y el grosor en milímetros de músculos intrínsecos y extrínsecos: músculo AbdH, FCH, FCD, flexor largo del hallux (FLH), flexor largo de los dedos (FLD) y peroneo lateral largo (PLL).

TABLA 5. CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA						ESCALAS DE MEDIDA DIAGNÓSTICO PIE PLANO
AUTOR, AÑO, PAÍS	MUESTRA	EDAD (años) "SD"	SEXO (H/M)	ALTURA (cm) "SD"	PESO/IMC (Kg/Kg/m ²) "SD"	
Kim et al. ⁴⁸ 2016, Corea	GE=7	GE=24 "1,9"	GE=6/1	GE=172,2 "6,9"	GE= 68,2 "12,9"/N/A	ND>10 mm
	GC=7	GC=24,1 "1,5"	GC=4/3	GC=167 "6,7"	GC=63,3 "17,6"/N/A	
Banu et al. ⁵¹ 2019, Turquía	GE=21	GE=21 "1"	GE=5/16	GE=N/A	GE=N/A/22,94 "3,30"	ND>10mm FPI≥6 Dolor Discapacidad Presión plantar
	GC=20	GC=21,45 "1,73"	GC=11/9	GC=N/A	GC=N/A/23,13 "1,92"	
Namsawang et al. ⁵² 2019, Tailandia	GE=18	GE=20,17 "1,20"	GE=8/10	GE=164,17 "7,70"	GE=58,17 "5,99"/21,57 "1,50"	Altura navicular Grosor músculo AbdlH
	GC=18	GC=19,78 "1,59"	GC=4/14	GC=168,78 "6,15"	GC=60,83 "5,39"/21,35 "1,41"	
Okamura et al. ⁵³ 2019, Japón	GE=10	GE=19,7 "0,9"	GE=1/9	GE=158,6 "6,1"	GE=49,7 "4,5"/19,7 "0,9"	ND FPI Grosor músculos intrínsecos y extrínsecos Fuerza reacción suelo
	GC=10	GC=20,2 "1,5"	GC=2/8	GC=159,5 "8,8"	GC=53,7 "7,7"/21,1 "2,1"	
Pabón-Carrasco et al. ⁴⁹ 2020, España	GE=42	GE=19,45 "0,38"	GE=24/18	GE=N/A	GE=N/A/24,13 "4,16"	ND>10 mm FPI>6
	GC=43	GC=20,92 "1,1"	GC=18/25	GC=N/A	B=N/A/21,65 "3,35"	
Sánchez-Rodríguez et al. ⁵⁰ 2020, España	GE=18	GE=23,6 "5,9"	GE=7/11	GE=N/A	GE= N/A/23,2 "3,2"	FPI
	GC=18	GC=21,6 "1,9"	GC=8/10	GC=N/A	GC= N/A/23,9 "2,6"	

ECA: Ensayo Clínico Aleatorizado; EC: ensayo clínico; GE: Grupo Experimental; GC: Grupo Control; N/A: No Aparece; H: Hombres; M: mujeres; IMC: Índice de Masa Corporal; Kg: Kilogramos; m²: metro cuadrado; ND: Navicular Drop; FPI: Foot Posture Index; Músculo AbdlH: Músculo Abductor del Hallux

4.4. Características de la intervención

Las características de la intervención están reflejadas en la tabla 6.

4.4.1. Tipo de intervención

La intervención más frecuente fue comprobar el efecto del ejercicio de pie corto. El estudio de Sánchez-Rodríguez et al.⁵⁰ incluyó un conjunto de ejercicios para el fortalecimiento muscular que engloba musculatura intrínseca y extrínseca. Todos los autores dividieron la muestra en dos grupos (grupo experimental y grupo control). El grupo experimental realizó el protocolo de ejercicios planteado. El autor Namsawang et al.⁵² combinó en su grupo experimental, el ejercicio de pie corto y la EENM del músculo abductor del hallux y el autor Okamura et al.⁵³ proporcionó estimulación eléctrica combinada con el ejercicio de pie corto como motivo de aprendizaje.

En los artículos seleccionados, la mayoría de los autores consideraron que el grupo control no debía realizar ninguna intervención o realizar ejercicios sin función biomecánica.

El autor Kim et al.⁴⁸ colocó ortesis plantares a su grupo control y el autor Namsawang et al.⁵² combinó ejercicio de pie corto y EENM pero tipo placebo.

La mayoría de los autores aplicó el ejercicio de manera bilateral, excepto Kim et al.⁴⁸ que consideró el pie dominante y Okamura et al.⁵³ que tuvo en cuenta el pie con mayor puntuación de FPI para la realización del ejercicio.

4.4.2. Procedimiento de la intervención

En el grupo experimental, para la realización del ejercicio de pie corto, se dieron algunas variedades entre los autores. En cuanto a la posición del sujeto, todos los autores coincidieron en iniciar el ejercicio en sedestación, excepto Sánchez-Rodríguez et al.⁵⁰ que al incluir una variedad de ejercicios en su ensayo partió de diversas posturas del paciente. El autor Kim et al.⁴⁸ mantuvo a los sujetos durante todo el ensayo en posición sentada con cadera, rodilla y tobillo flexionados a 90°. El autor Namsawang et al.⁵² modificó la posición del sujeto en el momento de aplicar la EENM, colocando a éste en bipedestación, sin

especificar el tipo de apoyo. Los autores Banu et al.⁵¹ Okamura et al.⁵³ y Pabón Carrasco et al.⁴⁹ incluyeron un progreso semanal en la realización del ejercicio, Okamura et al.⁵³ no especifican en su estudio el momento en el que varía la posición del sujeto. El autor Banu et al.⁵¹, inició el ejercicio en sedestación manteniéndose en esta posición durante las dos primeras semanas, la tercera y cuarta semana, el sujeto realizó el ejercicio en bipedestación con apoyo bipodal y la quinta y sexta semana el sujeto se mantuvo en bipedestación progresando a un apoyo unipodal.

Okamura et al.⁵³ inició el ejercicio con los sujetos en sedestación y progresó hacia la bipedestación con apoyo bipodal y posteriormente unipodal. El autor Pabón-Carrasco et al.⁴⁹ inició el ejercicio con los sujetos sentados sin carga y progresó cada semana hacia la posición sentada con carga, bipedestación con apoyo bipodal y bipedestación con apoyo unipodal respectivamente.

En cuanto a la técnica empleada para la realización del ejercicio de pie corto, solamente el autor Kim et al.⁴⁸ colocó una toalla debajo de los pies. El estudio de Sánchez-Rodríguez et al.⁵⁰ dentro de su protocolo de ejercicios incluyó el ejercicio de pie corto recogiendo pequeños objetos con los dedos de los pies y trasladándolos a otros sitios. El resto de los autores no utilizó ningún objeto complemento para la realización del ejercicio.

En cuanto al tiempo de mantenimiento de la posición del pie, en el momento de contracción del ALI, la mayoría de los autores coinciden en un tiempo de mantenimiento de la contracción entre los 5 y 10 segundos. Pabón-Carrasco et al.⁴⁹ consideró un tiempo de 30 segundos y Sánchez-Rodríguez et al.⁵⁰ no incluyó esta variable en su estudio. Los periodos de descanso entre series fueron tenidos en cuenta por los autores: Kim et al.⁴⁸, Okamura et al.⁵³ y Pabón-Carrasco et al.⁴⁹, oscilando éstos entre los 5 y 45 segundos.

Los autores que incluyeron EENM en sus grupos experimentales lo hacen en combinación con el ejercicio de pie corto. Okamura et al.⁵³ utilizó la EENM con motivo de aprendizaje de los pacientes en el momento de realizar el ejercicio de pie corto, no especifica la intensidad o frecuencia utilizada.

Eficacia del fortalecimiento de la musculatura intrínseca plantar en pacientes con pie plano. Revisión sistemática.

El autor Namsawang et al.⁵² manejó una corriente de alto voltaje, frecuencia de 85 Hz y la intensidad se aplicó según la tolerancia del paciente.

El autor Sánchez-Rodríguez et al.⁵⁰ incluyó un protocolo de once ejercicios activos-resistidos para el fortalecimiento de la musculatura intrínseca y extrínseca.

4.4.3. Seguimiento del ejercicio

El periodo de intervención rondó entre las 4-9 semanas de manera general. Los autores Namsawang et al.⁵² y Pabón-Carrasco et al.⁴⁹ aplicaron 4 semanas de ejercicio y el autor que planificó ejercicios durante más tiempo fue Sánchez-Rodríguez et al.⁵⁰ con 9 semanas de intervención. El resto de los autores oscilan entre 5,6 y 8 semanas.

4.4.4. Frecuencia del ejercicio

En cuanto al número de sesiones, Kim et al.⁴⁸ y Okamura et al.⁵³ coinciden en planificar el ejercicio 3 veces por semana, Banu et al.⁵¹ y Pabón-Carrasco et al.⁴⁹ planearon la realización del ejercicio todos los días de la semana. El estudio de Sánchez-Rodríguez et al.⁵⁰ optó por 2 sesiones a la semana y Namsawang et al.⁵² no hace referencia al número de sesiones en su estudio.

El tiempo de cada sesión fue reflejado en los estudios de Kim et al.⁴⁸ y Sánchez-Rodríguez et al.⁵⁰ siendo de 30 y 40 minutos respectivamente. El resto de los autores no especificó la duración de cada sesión, pero sí el número de series y repeticiones de cada una de ellas.

TABLA 6. CARACTERÍSTICAS DE LA INTERVENCIÓN

AUTOR	INTERVENCIÓN	BILATERAL O UNILATERAL	FRECUENCIA DEL EJERCICIO	PROCEDIMIENTO	SEGUIMIENTO
Kim et al. ⁴⁸	GE: Ejercicios de pie corto GC: Caminar con plantillas de soporte del arco	Pie dominante	GE: 30'3 veces por semana GC: 30'3 veces por semana	GE: Sujeto sentado con cadera, rodilla y tobillo a 90° Mantenimiento del ALL 20 segundos GC: Plantillas termoplásticas de 3,2 mm de grosor. ALL con altura 15mm.	6 semanas
Banu et al. ⁵¹	GE: Ejercicio progresivo de pie corto + estimulación neuromuscular con motivo de aprendizaje GC: Ninguna intervención	Bilateral	GE: 3 series (15 repeticiones) 2 días/semana (supervisión) 5 días/semana (en casa) GC: Ninguna intervención	GE: Semana 1 ^a -2 ^a : posición sentada. Semana 3 ^a -4 ^a : en bipedestación (apoyo bipodal). Semana 5 ^a -6 ^a : en bipedestación (apoyo unipodal). GC: Ninguna intervención	6 semanas
Namsawang et al. ⁵²	GE: Ejercicio de pie corto + estimulación neuromuscular en músc. Abdh GC: Ejercicio pie corto + estimulación neuromuscular tipo placebo en músc. Abdh	N/A	GE: Series N/A. 30 repeticiones + 30' de estimulación neuromuscular en músc. Abdh (85Hz) GC: Series N/A (30 repeticiones) + 30 minutos de estimulación neuromuscular en músc. Abdh (Intensidad: 0 mA)	GE: Sujeto sentado. 5 segundos de contracción del ALL cada repetición. Bipedestación en apoyo bipodal durante la estimulación eléctrica neuromuscular. GC: Sujeto sentado durante el ejercicio, 5 segundos de contracción del ALL cada repetición. Bipedestación con apoyo bipodal durante la estimulación eléctrica neuromuscular.	8 semanas
Okamura et al. ⁵³	GE: Ejercicio progresivo de pie corto GC: Ninguna intervención	Unilateral (pie con puntuación más alta de FP)	GE: 3 series (10 repeticiones) 3 veces/semana GC: Ninguna intervención	GE: Primero, sujeto sentado y progreso hacia bipedestación bipodal y posteriormente unipodal. 5 segundos de contracción del ALL cada repetición. GC: Ninguna intervención	8 semanas
Pabón-Carrasco et al. ⁴⁹	GE: Ejercicio de pie corto GC: Ejercicio de función no biomecánica	Bilateral	GE: 5 series (repeticiones NE) 7 veces/semana GC: 5 series (repeticiones NE) 7 veces/semana	GE: Semana 1 ^a : sentado sin carga. Semana 2 ^a : sentado con carga. Semana 3 ^a : bipedestación y apoyo bipodal. Semana 4 ^a : bipedestación y apoyo unipodal. 30 segundos de contracción del ALL. 10 segundos de descanso entre series. GC: Sujeto sentado, rodilla a 90°, pie en descarga, movimientos de FD y FP articulaciones metatarsofalángicas. 30 segundos cada serie. 10 segundos de descanso entre series.	4 semanas
Sánchez-Rodríguez et al. ⁵⁰	GE: Protocolo de ejercicios de fortalecimiento de la musculatura intrínseca y extrínseca GC: Ninguna intervención	Bilateral	GE: 2 sesiones a la semana (repeticiones N/A) 1:30 minuto por extremidad 3 minutos para músculos lumbopélvicos GC: Ninguna intervención	GE: 11 ejercicios activos-resistidos: caminar con el talón y el antepié, caminar sobre el borde medial y lateral del pie, recogida de pequeños objetos con los dedos, inversión/everción con banda elástica, abducción de la cadera, fuerza erectores espinales, fuerza abdomen, fuerza oblicuos abdomen, pelota en las piernas, equilibrio sobre base inestable y desestabilización GC: ninguna intervención	9 semanas

GE: Grupo Experimental; GC: Grupo Control; N/A: No Aparece; Músculo Abdh: Músculo Abductor del Hallux; ALL: Arco Longitudinal Interno; FD: Flexión Dorsal; FP: Flexión Plantar; mA: miliamperios

4.5. Características de los resultados y conclusiones

En todos los artículos, el momento de evaluación de las medidas de resultado fue antes y después de la intervención, excepto en el estudio de Okamura et al.⁵³ en el que el investigador evaluaba una vez a la semana a los sujetos para comprobar que el ejercicio se efectuaba correctamente y de esta manera progresar en el modo de realización del ejercicio.

En el estudio de Kim et al.⁴⁸(tabla 7), se dedujo que los sujetos pertenecientes al grupo experimental, los cuales realizaron ejercicios de pie corto tuvieron una mejoría más significativa en los parámetros del ND en comparación con el grupo control, los cuales fueron tratados con ortesis plantares. También se valoró el equilibrio, aumentando su valor en ambos grupos, siendo este aumento mayor en el grupo experimental.

TABLA 7. Características de los resultados del estudio de Kim et al⁴⁸

AUTOR	EVALUACIÓN		VARIABLES MEDIDAS		RESULTADOS	CONCLUSIONES
			ND (mm) "SD"	EQUILIBRIO % "SD"		
Kim et al. ⁴⁸	Pre	GE	11,4 "1,6"	74,3 "8,3"	ND disminuyó en GE>GC. Equilibrio aumento en GE>GC.	Mejora del ALI y del equilibrio dinámico tanto con el uso de plantillas como con la realización del ejercicio. Ejercicio de pie corto más eficaz que el tratamiento conservador.
		GC	12,2 "1,8"	72,4 "7,1"		
	Post	GE	7,7 "1,1"	82,4 "7,4"		
		GC	10,5 "1,7"	74,2 "7,2"		

ND: Navicular Drop; **GC:** Grupo Control; **GE:** Grupo Experimental; **mm:** milímetros; **SD:** desviación estándar; **%:** por ciento

En el estudio de Banu et al.⁵¹ (tabla 8) se evaluaron varias variables, el ND, el FPI, el dolor y la discapacidad se redujeron en el grupo experimental, el cuál realizó ejercicios de pie corto en comparación con el grupo control que no realizó ninguna intervención.

TABLA 8. Características de los resultados del estudio de Banu et al.⁵¹

VARIABLES MEDIDAS								
AUTOR	EVALUACIÓN		ND (mm) "SD"	FPI "SD"	DOLOR	DISCAPACIDAD	RESULTADOS	CONCLUSIONES
Banu et al. ⁵¹	Pre	GE	PD:16,47 "5,45"	PD:8,95 "1,46"	12,23 "11,9"	7,80 "6,9"	Las puntuaciones de FPI, ND, dolor y discapacidad disminuyeron en el GE, en el GC no se apreciaron cambios significativos	El ejercicio de pie corto durante 6 semanas fue eficaz para disminuir el FPI, el ND, el dolor, la discapacidad y aumentar la fuerza plantar en mediopie.
			PI:17,38 "5,85"	PI: 8,76 "1,84"				
	GC	PD:17,25 "5,31"	PD:8,40 "1,95"	7,20 "10,3"	4,05 "7,5"			
		PI:16,30 "4,97"	PI:8,10 "1,61"					
	Post	GE	PD:10,85 "5,92"	PD:7,33 "2,15"	7,85 "8,78"	3,95 "4,5"		
			PI:11,57 "4,41"	PI:7,09 "2,44"				
GC	PD:16,90 "5,90"	PD:8,50 "2,03"	5,00 "6,31"	3,55 "5,7"				
	PI:16,45 "5,59"	PI:8,25 "1,48"						

GC: Grupo Control; GE: Grupo Experimental; ND: Navicular Drop; mm: milímetros; FPI: Foot Posture Index SD: desviación estándar; PD: Pie Derecho; PI: Pie Izquierdo

En el estudio de Okamura et al.⁵³ (tabla 9) se observó una disminución del tiempo para que la altura del navicular alcanzase su valor mínimo en el grupo experimental el cual realizó ejercicio de pie corto acompañado de una leve EENM que motivaba su aprendizaje en comparación con el grupo control el cuál no recibió ninguna intervención.

En el grupo experimental, la fuerza máxima de reacción medial al suelo también disminuyó significativamente en comparación con el grupo control.

El FPI mejoró en los dos grupos, observándose una mejora en la inversión/eversión del calcáneo desde la posición pronada hacia la neutralidad en el grupo experimental.

En el grupo de ejercicio, hubo un efecto sobre el grosor del abductor del hallux y el flexor largo de los dedos.

TABLA 9. Características de los resultados del estudio de Okamura et al.⁵³

AUTOR	EVALUACIÓN	ND (mm) "SD"	FPI "SD"	GROSOR MUSCULAR (mm) "SD"	RESULTADOS	CONCLUSIONES	
Okamura et al. ⁵³	Pre	GE	9,7 "1,9"	12,5 "3,3"	AbdH:12,3 "2,4" FCH:13,9 "1,6" FCD:7,3 "1" FLH:22 "3,5" FLD:13,3 "2,6" PLL:11,7 "2,1"	Tiempo para que la altura del navicular alcance su valor mínimo: GE disminuye, GC mantenido igual La fuerza de reacción medial al suelo disminuye en el GE La puntuación FPI mejoró en los dos grupos. No se pudo confirmar un aumento del grosor de la musculatura intrínseca en ambos grupos	El ejercicio de pie corto modificó los parámetros de la cinemática del pie durante la marcha. El FPI y el ND suelen tener gran riesgo de sesgo en su medición.
		GC	9 "2,1"	10,9 "2,9"	AbdH:12,2 "1,7" FCH:14,3 "1,4" FCD:7,7 "1,7" FLH:22,8 "3,4" FLD:11,4 "2,8" PLL:12,8 "1,9"		
	Post	GE	6,2 "1,5"	8,5 "N/A"	AbdH:13,4 "3,7" FCH:14 "1,3" FCD:7,1 "1,1" FLH:22,9 "3,2" FLD:14,1 "2,3" PLL:12 "1,8"		
		GC	5,4 "2,5"	7,5 "N/A"	AbdH:13,2 "2,1" FCH:14,7 "1,1" FCD:7,6 "1,6" FLH:23,2 "2,9" FLD:11,8 "2,8" PLL:12,9 "1,8"		

GC: Grupo Control; **GE:** Grupo Experimental; **ND:** Navicular Drop; **mm:** milímetros; **FPI:** Foot Posture Index **SD:** desviación estándar; **AbdH:** Abductor del Hallux; **FCH:** Flexor Hallucis Corto del Hallux; **FCD:** Flexor Corto de los Dedos; **FLH:** Flexor Largo del Hallux; **FLD:** Flexor Largo de los Dedos; **PLL:** Peroneo Lateral Largo

En el estudio de Namsawang et al.⁵² (tabla 10) ambos grupos realizaron el ejercicio de pie corto, el grupo experimental recibió también una EENM de intensidad permitida por el sujeto dependiendo del dolor y el grupo control recibió una EENM tipo placebo, sin intención terapéutica. La altura del navicular aumentó poco en ambos grupos, el aumento del grosor del músculo abductor del hallux sucedió en ambos grupos, aunque fue el doble en el grupo que recibió EENM y la fuerza muscular aumentó en ambos grupos, consiguiendo en el grupo de EENM hasta un 16% más.

TABLA 10. Características de los resultados del estudio de Namsawang et al.⁵²

AUTOR	EVALUACIÓN	VARIABLES MEDIDAS			RESULTADOS	CONCLUSIONES
		Altura navicular (mm) "SD"	Actividad músculo AbdH %	CSA transversal músculo AbdH (mm ²) "SD"		
Namsawang et al. ⁵²	Pre	GE	32,02 "4,1"	65,33 "11,28"	218,66 "53,23"	Poco aumento de la altura del navicular en ambos grupos. Aumento del CSA transversal del músculo AbdH en ambos grupos, en el GE aumentó el doble respecto al GC. Aumento de la fuerza muscular en ambos grupos.
		GC	32,7 "4,1"	65,29 "12,89"	256,96 "N/A"	
	Post	GE	32,14 "N/A"	81,42 "N/A"	225,97 "64,10"	
		GC	32,81 "N/A"	73,94 "N/A"	244,36 "N/A"	

GC: Grupo Control; GE: Grupo Experimental; mm: milímetros; mm²: Milímetros Cuadrados SD: Desviación Estándar; Músculo AbdH: Músculo Abductor del Hallux; EENM: estimulación eléctrica neuromuscular

En el estudio de Pabón-Carrasco et al.⁴⁹ (tabla 11) se evaluó el FPI y el ND antes y después de la intervención, el grupo experimental realizó el ejercicio de pie corto bilateral y el grupo control realizó ejercicios sin función biomecánica. Al final del estudio se observó una mejora en el FPI de ambos grupos. Al evaluar el ND, solamente se observaron mejoras en el pie derecho.

TABLA 11. Características de los resultados del estudio de Pabón-Carrasco et al.⁴⁹

AUTOR	EVALUACIÓN	VARIABLES MEDIDAS		RESULTADOS	CONCLUSIONES
		ND (mm) "SD"	FPI "SD"		
Pabón-Carrasco et al. ⁴⁹	Pre	GE	PD:0,79 "0,08"	PD:6,77 "0,62"	Mejora de FPI en ambos grupos.
			PI:0,70 "0,06"	PI:6,94 "0,52"	
		GC	PD:0,67 "0,06"	PD:6,35 "0,31"	
			PI:0,65 "0,07"	PI:6,27 "0,22"	
	Post	GE	PD:0,63 "0,06"	PD:5,37 "0,63"	El ND solamente mejoró en el pie derecho
			PI:0,49 "0,32"	PI:5,09 "0,66"	
		GC	PD:0,59 "0,54"	PD:5,43 "0,44"	
			PI:0,59 "0,06"	PI:5,19 "0,42"	

GC: Grupo Control; GE: Grupo Experimental; ND: Navicular Drop; FPI: Foot Posture Index; mm: Milímetros; SD: Desviación Estándar; PD: Pie Derecho; PI: Pie Izquierdo

En el estudio de Sánchez-Rodríguez et al.⁵⁰ (tabla 12) se observó que tras 9 semanas de ejercicios, el grupo experimental que habían realizado un conjunto de ejercicios de fortalecimiento de la musculatura intrínseca y extrínseca, tenían una mejoría en la puntuación del FPI hacia la neutralidad respecto al grupo

Eficacia del fortalecimiento de la musculatura intrínseca plantar en pacientes con pie plano. Revisión sistemática.

control los cuales no habían seguido ningún tipo de terapia. En el grupo control, al final de la intervención, 6 sujetos habían alcanzado un pie neutro, 11 sujetos tenían pie pronado y 1 sujeto pie muy pronado.

TABLA 12. Características de los resultados del estudio de Sánchez-Rodríguez et al.

AUTOR	EVALUACIÓN		VARIABLE MEDIDA		CONCLUSIONES
			FPI "SD"	RESULTADOS	
Sánchez-Rodríguez et al. ⁵⁰	Pre	GE	8,3 "1,7"	El FPI en el GE disminuyó significativamente respecto al GC que se mantuvo igual.	La realización de un protocolo de ejercicios de fortalecimiento de la musculatura intrínseca y extrínseca durante 9 semanas mejoró la hiperpronación.
		GC	7,7 "1,4"		
	Post	GE	7 "2,3"	Del total de la muestra, 6 sujetos alcanzaron la posición neutra del pie, 11 mantuvieron la pronación, pero con menor puntuación FPI y 1 sujeto siguió con una postura del pie muy pronada	La postura del pie se fue acercando a la neutralidad.
		GC	7,7 "1,4"		

GC: Grupo Control; **GE:** Grupo Experimental; **FPI:** Foot Posture Index; **SD:** Desviación Estándar;

5.DISCUSIÓN

Esta revisión sistemática tiene como objetivo principal conocer los efectos del fortalecimiento de la musculatura intrínseca plantar en adultos con pie plano o pie pronado y para ello se han seleccionado 6 ensayos clínicos. La evidencia científica revisada muestra que activar la musculatura intrínseca plantar produce beneficios terapéuticos en la patología de pie plano adulto, ya que se encuentran mejorías en las variables estudiadas y una mejora en la alineación del pie y en la cinemática durante la marcha.

Para comprobar la eficacia de la intervención, se evaluaron el FPI, el ND, la altura del navicular, grosor muscular, actividad muscular, equilibrio, dolor y discapacidad. El FPI es evaluado por 4 autores, mejorando más de 1 punto en los sujetos que realizan el ejercicio de pie corto y ejercicios de la musculatura intrínseca y extrínseca respecto al grupo control, en cambio, Okamura et al.⁵³ y Pabón-Carrasco et al.⁴⁹ encuentran mejoría en ambos grupos. Este dato nos hace pensar en un posible sesgo de los resultados. Según la literatura, la baja fiabilidad de algunas puntuaciones del FPI son secundarias al número de puntuaciones establecidas en cada ítem, al tiempo transcurrido entre la toma inicial de los datos y la evaluación posintervención y a las diferencias interobservador⁵⁴. El ND es tenido en cuenta por 4 autores, entre ellos, los autores Kim et al.⁴⁸, Banu et al.⁵¹ y Pabón-Carrasco et al.⁴⁹ miden el ND en estática, demostrando mejoría en sus resultados. Por el contrario, Okamura et al.⁵³ mide la caída del navicular en dinámica y no encuentra resultados favorables. Un ensayo clínico de Eichelberg et al.⁵⁵ informó que la medición de la caída del navicular a través de un sistema de análisis de movimiento tridimensional, puede tener un cambio mínimo difícil de detectar.

Dos estudios tienen en cuenta las modificaciones musculares para comprobar la efectividad de la intervención y son los únicos que combinan el ejercicio de pie corto con EENM. La diferencia radica en que en el estudio de Okamura et al.⁵³ se mide el grosor muscular de varios músculos y en el de Namsawang et al.⁵² el área transversal del músculo AbdH. El primero no

encuentra mejoría, pero el segundo sí. La explicación de este suceso radica en que se pueden producir modificaciones en el área transversal del músculo AbdH pero no en el grosor muscular como ya se demostró en un ensayo clínico sobre pacientes de pie plano⁵⁶.

Cuando hablamos de las consideraciones generales de los estudios incluidos como pueden ser la muestra, el peso o el tipo de pie, encontramos que todos los estudios optan por incluir adultos jóvenes, ya que según nos muestra la literatura, la incidencia de pie plano disminuye con la edad por lo que los resultados del estudio podrían verse afectados.

Con respecto a la sintomatología y dolor, según la evidencia científica, entre un 7-15% de los sujetos con pie plano desarrollan sintomatología²⁹. Todos los autores excepto el autor Banu et al.⁵¹, consideran el dolor criterio de exclusión. Se ha demostrado que existen diferencias morfológicas en el músculo peroneo, el flexor largo de los dedos y el abductor del hallux y que el grosor de estos es más pequeño en pacientes sintomáticos en comparación con asintomáticos²¹. Esta afirmación, nos hace pensar que los resultados en pacientes sintomáticos podrían haber sido distintos, por lo que no se podría extrapolar estos resultados a pacientes con dolor.

En todos los estudios predomina el ejercicio de pie corto a realizar por el grupo experimental, excepto Sánchez-Rodríguez et al.⁵⁰ que incluyen un conjunto de ejercicios donde se trabaja tanto musculatura intrínseca como extrínseca. Se ha demostrado que trabajar la musculatura extrínseca puede aportar grandes beneficios a la estabilidad de las extremidades inferiores, de esta manera, un fortalecimiento de los músculos rotadores de la cadera puede frenar la rotación interna de la extremidad inferior evitando el valgo de rodilla y la consecuente pronación^{57,58}. Los autores Okamura et al.⁵³ y Namsawang et al.⁵², combinan la EENM con el ejercicio de pie corto en su grupo experimental, la gran diferencia es que Okamura et al.⁵³ utiliza la EENM con motivo de aprendizaje sin intención terapéutica, y Namsawang et al.⁵² cuyo estudio es el primer ECA que informa de la eficacia del ejercicio de pie corto combinado con EENM, sí que utiliza una frecuencia e intensidad dependiente de la tolerancia del

sujeto. Este último dato puede generar controversias en el momento de especificar una frecuencia e intensidad idónea, ya que influye el umbral del dolor, cada paciente soporta una frecuencia e intensidad determinada por lo que no a todos los sujetos se les aplicó los mismos parámetros de tratamiento y esto puede llevar a un sesgo en el resultado.

La literatura afirma que el ejercicio de pie corto aumenta la actividad del músculo AbdH más que otros ejercicios como pueden ser el ejercicio de risser o el rizo de toalla²¹. Basándonos en esta afirmación, encontramos que Kim et al.⁴⁸ coloca debajo de los pies para la realización del ejercicio una toalla, esto puede conducir a una flexión de los dedos y sesgar los resultados debido a un ejercicio mal hecho. El autor Sánchez-Rodríguez et al.⁵⁰ incluye en su protocolo de ejercicios el ejercicio con canicas, el cuál implica una flexión de los dedos en el momento de agarrarlas por lo que su resultado no es comparable con los sujetos que realizan el ejercicio de pie corto.

En relación con la pauta de tratamiento, se han encontrado variaciones entre los autores. Si hacemos referencia a la duración de la intervención, el autor Sánchez-Rodríguez et al.⁵⁰ es el que programa la actividad durante más tiempo, programando un protocolo de ejercicios de 9 semanas, mientras que Pabón-Carrasco et al.⁴⁹ solamente lo lleva a cabo durante 4 semanas. Este dato puede ser llamativo y hacernos pensar en una duración escasa, pero hemos de tener en cuenta varios aspectos: el número de sesiones por semana, la duración del ejercicio y si ha sido combinado o no con otras terapias.

De esta manera, Banu et al.⁵¹ es el que más sesiones realiza en su ensayo con un total de cuarenta y dos, pero no especifica el tiempo invertido en cada sesión mientras que Sánchez-Rodríguez et al.⁵⁰ y Kim et al.⁴⁸ son los que realizan menos sesiones con un total de dieciocho sesiones de cuarenta y treinta minutos respectivamente. Pabón-Carrasco et al.⁴⁹ y Namsawang et al.⁵² realizan un total de veintiocho sesiones durante su ensayo. Aún teniendo en cuenta estos datos, tampoco tienen poder comparativo ya que no todos realizan solamente el ejercicio de pie corto, sino que algunos de ellos como es el caso de Okamura et al.⁵³ y Namsawang et al.⁵² lo combinan con EENM.

En relación con el protocolo seguido para la realización del ejercicio, encontramos similitudes y diferencias. Todos los autores inician el ejercicio en posición sentada con tobillo y rodilla flexionados 90°. Solamente Kim et al.⁴⁸ mantiene al sujeto en esta posición durante todo el ensayo, el resto de los autores, van progresando hacia la bipedestación por lo que el nivel de dificultad para la ejecución de la técnica va aumentando y esto puede dar como resultado una mayor efectividad sobre la musculatura intrínseca plantar. El autor Namsawang et al.⁵² no progresa al realizar el ejercicio de pie corto, pero sí que aplica la EENM con el sujeto de pie.

La evidencia científica recomienda realizar el ejercicio de pie corto de manera bilateral, solamente 4 autores reflejan el pie utilizado en el ejercicio. Kim et al.⁴⁸ y Okamura et al.⁵³ lo realizan unilateral, pie dominante y pie con mayor FPI respectivamente, esto conlleva el no poder comparar la efectividad entre los dos pies y deriva en un sesgo en los resultados.

Los autores Banu et al.⁵¹ y Pabón-Carrasco et al.⁴⁹ realizan el ejercicio bilateral y este último encontró mejora del ND solamente en el pie derecho lo que nos confirma la hipótesis de que se pueden dar resultados distintos entre los pies.

Todos los autores coinciden en que no hay un protocolo unificado para la realización del ejercicio de pie corto. En general, se realizan programas de 4-8 semanas⁵⁷, lo que supone que cada uno bajo su criterio opte por un tiempo específico basándose en estudios anteriores.

Tras los hallazgos encontrados en estos estudios, no podemos comparar el efecto del foot core sobre otros tratamientos conservadores, ya que solamente el autor Kim et al.⁴⁸ compara el ejercicio de pie corto con el uso de ortesis como tratamiento conservador para pie plano o pie pronado y concluye que las variables estudiadas mejoran en el grupo de ejercicio. La efectividad de la ortesis plantar es directamente proporcional a su uso y su efecto en adultos es preventivo, no correctivo, esto hace que los datos no sean comparables.

5.1. Limitaciones

En esta revisión sistemática se han encontrado algunas limitaciones: el tamaño de las muestras y la poca heterogeneidad entre ellas. Se trata de muestras pequeñas, con edades e IMC similares y asintomáticos en su mayoría, por lo que sería difícil extrapolar los resultados a una población general donde se incluyan adultos mayores, con sobrepeso u obesidad y dolor. Otra limitación importante es el seguimiento, no podemos asegurar si el efecto es a corto, medio o largo plazo al ejercitar la musculatura intrínseca si no se continuara con la realización del ejercicio.

La heterogeneidad de las herramientas de medición para comprobar el efecto de la intervención es otra limitación, ya que como hemos visto, algunas de ellas pueden derivar en sesgos en los resultados.

La dificultad que supone la correcta ejecución de la técnica puede derivar en un ejercicio mal hecho cuyos resultados pierdan fiabilidad, por lo que sería conveniente un periodo de entrenamiento supervisado antes de iniciar el ensayo.

5.2 Aplicaciones clínicas

El ejercicio terapéutico aplicado en el pie plano es un tratamiento no invasivo, que apenas tiene contraindicaciones y cuyos resultados son favorables como hemos podido comprobar tras esta revisión sistemática.

La inclusión de estos en la práctica clínica diaria puede suponer una mejora de los parámetros sobre los que se actúa al tratar este tipo de patología.

La principal dificultad que se puede presentar es la colaboración por parte del paciente, por lo que debemos concienciarlos de que los resultados se obtienen de medio a largo plazo y es necesaria una constancia en su realización.

5.3. Investigaciones futuras

Se necesita seguir investigando para establecer un protocolo unificado en cuanto a la frecuencia, tiempo y procedimiento del ejercicio realizando un

Eficacia del fortalecimiento de la musculatura intrínseca plantar en pacientes con pie plano. Revisión sistemática.

seguimiento a largo plazo de los pacientes y así comprobar definitivamente la eficacia de esta terapia en el pie plano del adulto.

Sería interesante realizar ensayos clínicos incluyendo el resto de los tratamientos para el foot core como es el ejercicio de “yoga de los dedos” y la “abducción-aducción de los dedos”, de esta manera, tendríamos un amplio abanico terapéutico y de bajo coste para el paciente.

Sería útil, realizar un estudio prospectivo en niños con pie plano, para medir la capacidad correctiva que tiene este tipo de ejercicios.

6. CONCLUSIONES

- El fortalecimiento de la musculatura intrínseca plantar mejora la cinética y cinemática de la marcha actuando sobre la alineación del pie y disminuyendo la pronación del pie, el dolor y la discapacidad en sujetos diagnosticados de pie plano.
- El ejercicio de pie corto se considera el tratamiento más efectivo para el fortalecimiento de la musculatura intrínseca plantar, no se ha establecido aún un protocolo unificado pero la literatura contempla un periodo de 4-6 semanas.
- El ejercicio de pie corto ha demostrado ser más efectivo que otros tratamientos conservadores como es el uso de ortesis. La combinación de ambas terapias potencia los resultados, manteniendo la alineación normal del pie.
- Las principales escalas utilizadas para la medición de la pronación y diagnóstico del pie plano adulto son el FPI y el ND.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Waldman SD. Anatomía funcional del tobillo y el pie. Atlas diagnóstico del dolor. 2007;30(9):360–1.
2. Rouvière H, Delmas A. Anatomía Humana. 2005. 674 p.
3. Camarena CÁ, Villegas WP. Desarrollo Y Biomecánica Del Arco Plantar. Medigraphics [Internet]. 2010;6:215–22. Available from: <http://www.medigraphic.com/orthotips>
4. Zuil-Escobar JC, Martínez-Cepa CB, Martín-Urrialde JA, Gómez-Conesa A. Medial Longitudinal Arch: Accuracy, Reliability, and Correlation Between Navicular Drop Test and Footprint Parameters. J Manipulative Physiol Ther. 2018;41(8):672–9.
5. Kirby KA. Revista Española de Podología del pie. 2017;28(1):37–45.
6. Kodithuwakku Arachchige SNK, Chander H, Knight A. Flat feet: Biomechanical implications, assessment and management. Foot. 2019;38(February):81–5.
7. Angin S, Mickle KJ, Nester CJ. Contributions of foot muscles and plantar fascia morphology to foot posture. Gait Posture. 2018;61(June 2017):238–42.
8. Flores D V., Gómez CM, Hernando MF, Davis MA, Pathria MN. Adult acquired flatfoot deformity: Anatomy, biomechanics, staging, and imaging findings. Radiographics. 2019;39(5):1437–60.
9. Fourchet F, Gojanovic B. Foot core strengthening: Relevance in injury prevention and rehabilitation for runners. Schweizerische Zeitschrift fur Sport und Sport. 2016;64(1):26–30.
10. Farris DJ, Kelly LA, Cresswell AG, Lichtwark GA. The functional importance of human foot muscles for bipedal locomotion. Proc Natl Acad Sci U S A. 2019;116(5):1645–50.
11. Kapandji AI. Fisiología Articular. 6ª. 2010. 216 p.
12. Ferrari E, Cooper G, Reeves ND, Hodson-Tole EF. Intrinsic foot muscles act to stabilise the foot when greater fluctuations in centre of pressure movement result from increased postural balance challenge. Gait Posture. 2020;79(August 2019):229–33.
13. Gray EG, Basmajian J V. Electromyography and cinematography of leg

- and foot (“normal” and flat) during walking. *Anat Rec.* 1968;161(1):1–15.
14. Grover Snook A. The relationship between excessive pronation as measured by navicular drop and isokinetic strength of the ankle musculature. *Foot Ankle Int.* 2001;22(3):234–40.
 15. Buldt AK, Nester CJ, Landorf KB, Levinger P, Murley GS, Menz HB. Foot posture is associated with plantar pressure during gait: A comparison of normal, planus and cavus feet. *Gait Posture.* 2018;62:235–40.
 16. Behling AV, Manz S, von Tschanner V, Nigg BM. Pronation or foot movement — What is important. *J Sci Med Sport.* 2020;23(4):366–71.
 17. Root M, Orien W, Weed J. *Función normal y anormal del pie.* 2012. 295–296 p.
 18. R Pascual Gutiérrez, AC Redmond, B Alcacer Pitarch, Paloma López Ros. Índice de Postura del PIE (IPP-6) versión de seis criterios, Manual y guía del usuario. *Podol clínica.* 2013;14(1578–0716):36–45.
 19. Horwood AM, Chockalingam N. Defining excessive, over, or hyperpronation: A quandary. *Foot.* 2017;31:49–55.
 20. Buldt AK, Murley GS, Butterworth P, Levinger P, Menz HB, Landorf KB. Corrigendum to: “The relationship between foot posture and lower limb kinematics during walking: A systematic review” [*Gait Posture* 38 (2013) 363-372]. *Gait Posture.* 2014;40(4):735–6.
 21. Zhang X, Pael R, Deschamps K, Jonkers I, Vanwanseele B. Differences in foot muscle morphology and foot kinematics between symptomatic and asymptomatic pronated feet. *Scand J Med Sci Sport.* 2019;29(11):1766–73.
 22. Arbab D, Lüring C, Mutschler M, Gutteck N, Bouillon B. Der erworbene Plattfuß des Erwachsenen – Operative Therapie der flexiblen Deformität im frühen Stadium. *Orthopade.* 2020;49(11):954–61.
 23. Toullec E. Adult flatfoot. *ScienceDirect.* 2015;101:0–6.
 24. Pita-Fernandez S, Gonzalez-Martin C, Aalonso-Tajes F, Seoane-Pillado T, Pertega-Diaz S, Perez-Garcia S, et al. Flat foot in a random population and its impact on quality of life and functionality. *J Clin Diagnostic Res.* 2017;11(4):22–7.
 25. Maynou C, Naudi S, Staquet V, Parent S, Boniface O. *Pie plano valgo estático del adulto (incluidas las sinostosis congénitas).* EMC - Apar

- Locomot. 2019;43(2):1–13.
26. Smyth NA, Aiyer AA, Kaplan JR, Carmody CA, Kadakia AR. Adult-acquired flatfoot deformity. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2017;27(4):433–9.
 27. Richie D. Biomechanics and Orthotic Treatment of the Adult Acquired Flatfoot. *Clin Pod Med Surg*. 2020;37:71–89.
 28. Viladot Voegeli A et al. Insuficiencia del tendón tibial posterior. *Rev del Pie y Tobillo*. 2007;21(5):56–64.
 29. Abousayed MM, Alley MC, Rachel Shakked M. Adult-Acquired flatfoot deformity Etiology, Diagnosis and Management. *JBJS*. 2017;5.
 30. Fernández Román M, Castro Méndez A, Albornoz Cabello M. Efectos del tratamiento con Kinesiotape en el pie plano. *Fisioterapia*. 2012;34(1):11–5.
 31. Luque-Suarez A, Gijon-Nogueron G, Baron-Lopez FJ, Labajos-Manzanares MT, Hush J, Hancock MJ. Effects of kinesiotaping on foot posture in participants with pronated foot: A quasi-randomised, double-blind study. *Physiother (United Kingdom)*. 2014;100(1):36–40.
 32. Augustin JF, Lin SS, Berberian WS, Johnson JE. Nonoperative treatment of adult acquired flat foot with the Arizona brace. *Foot Ankle Clin*. 2003;8(3):491–502.
 33. Takata Y, Matsuoka S, Okumura N, Iwamoto K, Takahashi M, Uchiyama E. Standing Balance on the Ground-The Influence of Flatfeet and Insoles. *Phys Ther Sci*. 2013;25:1519–21.
 34. Esterman A, Pilotto L. Foot shape and its effect on functioning in Royal Australian Air Force recruits. Part 2: Pilot, Randomized, Controlled Trial of Orthotics in Recruits with Flat Feet. *Mil Med*. 2005;170(7):623–8.
 35. Jung DY, Koh EK, Kwon OY. Effect of foot orthoses and short-foot exercise on the cross-sectional area of the abductor hallucis muscle in subjects with pes planus: A randomized controlled trial. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2011;24(4):225–31.
 36. Murley GS, Landorf KB, Menz HB, Bird AR. Effect of foot posture, foot orthoses and footwear on lower limb muscle activity during walking and running: A systematic review. *Gait Posture*. 2009;29(2):172–87.
 37. Miller EE, Whitcome KK, Lieberman DE, Norton HL, Dyer RE. The effect of minimal shoes on arch structure and intrinsic foot muscle strength. *J Sport*

- Heal Sci. 2014;3(2):74–85.
38. Steven R, Adel H. Running-related injury prevention through barefoot adaptations [Internet]. 1987. 148–157 p. Available from: <https://www.correcttoes.com/foot-help/wp-content/uploads/2015/12/Running-related-injury-prevention-through-barefoot-adaptations-Robbins-1987.pdf>
 39. Mulligan EP, Cook PG. Effect of plantar intrinsic muscle training on medial longitudinal arch morphology and dynamic function. *Man Ther.* 2013;18(5):425–30.
 40. 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(5):290.
 41. Jam B. Evaluation and Retraining of the Intrinsic Foot Muscles for Pain Syndromes Related to Abnormal Control of Pronation. *Orthop Div Rev.* 2006;24–30.
 42. Mckeon PO. Freeing the Foot Integrating The Foot Core System into Rehabilitation for Lower Extremity Injuries. *Clin Sport Med.* 2015;34:347–61.
 43. Robinson D, Mitchkash M, Wasserman L, Tenforde AS. Nonsurgical Approach in Management of Tibialis Posterior Tendinopathy With Combined Radial Shockwave and Foot Core Exercises: A Case Series. *J Foot Ankle Surg.* 2020;59(5):1058–61.
 44. Wang WJ, Crompton RH. The role of load-carrying in the evolution of modern body proportions. *J Anat.* 2004;204(5):417–30.
 45. Hodges PW. Core stability exercise in chronic low back pain. *Orthop Clin North Am.* 2003;34(2):245–54.
 46. Urrútia G, Bonfill X. Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. Vol. 135, *Medicina Clínica.* 2010. p. 507–11.
 47. Higgins J. Manual Cochrane de Revisiones Sistemáticas de Intervenciones, versión 5.1. 0. Manual Cochrane de Revisiones Sistemáticas de Intervenciones, versión 5.1.0. 2012. p. 1–639.
 48. Kim EK, Kim JS. The effects of short foot exercises and arch support insoles on improvement in the medial longitudinal arch and dynamic

- balance of flexible flatfoot patients. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(11):3136–9.
49. Pabón-Carrasco M, Castro-Méndez A, Vilar-Palomo S, Jiménez-Cebrián AM, García-Paya I, Palomo-Toucedo IC. Randomized clinical trial: The effect of exercise of the intrinsic muscle on foot pronation. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(13):1–11.
50. Sánchez-Rodríguez R, Valle-Estévez S, Fraile-García PA, Martínez-Nova A, Gómez-Martín B, Escamilla-Martínez E. Modification of pronated foot posture after a program of therapeutic exercises. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(22):1–8.
51. Banu, Unver, Emin Ulas Erdem EA. Effects of Short-Foot Exercises on Foot Posture, Pain, Disability and Plantar Pressure in Pes Planus. *J Sport Rehabil.* 2019;29:436–40.
52. Namsawang J, Eungpinichpong W, Vichiansiri R, Rattanathongkom S. Effects of the Short Foot Exercise With Neuromuscular Electrical Stimulation on Navicular Height in Flexible Flatfoot in Thailand: A Randomized Controlled Trial. *J Prev Med Public Health.* 2019;52(4):250–7.
53. Okamura K, Kanai S, Fukuda K, Tanaka S, Ono T, Oki S. The effect of additional activation of the plantar intrinsic foot muscles on foot kinematics in flat-footed subjects. *Foot.* 2019;38(July):19–23.
54. Aquino MRC, Avelar BS, Silva PL, Ocarino JM, Resende RA. Reliability of Foot Posture Index individual and total scores for adults and older adults. *Musculoskelet Sci Pract.* 2018;37(October 2017):e82.
55. Eichelberger P, Blasimann A, Lutz N, Krause F, Baur H. A minimal markerset for three-dimensional foot function assessment: Measuring navicular drop and drift under dynamic conditions. *J Foot Ankle Res.* 2018;11(1):1–10.
56. Jung DY, Kim MH, Koh EK, Kwon OY, Cynn HS, Lee WH. A comparison in the muscle activity of the abductor hallucis and the medial longitudinal arch angle during toe curl and short foot exercises. *Phys Ther Sport.* 2011;12(1):30–5.
57. Sulowska I, Oleksy Ł, Mika A, Bylina D, Sołtan J. The influence of plantar short foot muscle exercises on foot posture and fundamental movement patterns in long-distance runners, a non-randomized, non-blinded clinical

Eficacia del fortalecimiento de la musculatura intrínseca plantar en pacientes con pie plano. Revisión sistemática.

trial. PLoS One. 2016;11(6):1–12.

58. De Blaiser C, De Ridder R, Willems T, Vanden Bossche L, Danneels L, Roosen P. Impaired Core Stability as a Risk Factor for the Development of Lower Extremity Overuse Injuries: A Prospective Cohort Study. *Am J Sports Med.* 2019;47(7):1713–21.

8. ANEXOS

8.1. ANEXO 1: Foot Posture Index

Puntuación del retropié	-2	-1	0	1	2
Palpación cabeza del astrágalo	Cabeza del astrágalo palpable en la cara lateral pero no en la medial	Cabeza del astrágalo palpable en cara lateral y ligeramente palpable en cara medial	Cabeza del astrágalo palpable por igual en cara lateral y medial	Cabeza del astrágalo ligeramente palpable en cara lateral palpable en cara medial	Cabeza del astrágalo no palpable en cara lateral pero palpable en cara medial
Curvas por encima y por debajo de los maléolos	Curva por debajo del maléolo recta o convexa	Curva por debajo del maléolo cóncava, pero más plana que la curva por encima del maléolo	Las curvas infra y supra maleolares son iguales	Curva por debajo del maléolo más cóncava que la supra maleolar	Curva por debajo del maléolo más cóncava que la curva por encima del maléolo
Inversión/Eversión del calcáneo	Más de 5° de inversión o varo	Entre la vertical y un estimado de 5° de inversión	Vertical	Entre la vertical y un estimado de 5° de eversion o valgo	Más de 5° de eversion o valgo
Puntuación antepie	-2	-1	0	1	2
Congruencia talonavicular	Área del TNJ marcadamente cóncava	Área de TNJ ligeramente cóncava	Área del TNJ plana	Área de la TNJ ligeramente abultada	Área de la TNJ muy abultada
Altura arco medial	Arco alto	Arco moderadamente alto	Arco normal	Arco ligeramente disminuido	Arco muy aplanado
Antepie	No hay dedos laterales visibles. Se visualizan los mediales	Dedos mediales visibles en mayor cantidad que los laterales	Dedos mediales y laterales igualmente visibles	Dedos laterales claramente más visibles que los mediales	No hay dedos mediales visibles. Dedos laterales claramente visibles
abducción/aducción					

TNJ: Talonavicular Join