



Universidad de Valladolid

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA SALUD

DPTO. DE BIOLOGÍA CELULAR, GENÉTICA, HISTOLOGÍA Y FARMACOLOGÍA

TESIS DOCTORAL:

**ESTUDIO PROSPECTIVO SOBRE LA
INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DE ENERGÍA
EN LA EFICACIA DEL TRATAMIENTO DE LA
FASCITIS PLANTAR CON
ONDAS DE CHOQUE FOCALIZADAS**

Presentada por Ana María Andrés Toribio para optar al grado de
Doctor por la Universidad de Valladolid

Dirigida por:

Dra. Ana María González Rebollo.

Dr. Manuel Garrosa.

Valladolid, 2022

Título:

Estudio prospectivo sobre la influencia de la densidad de energía en la eficacia del tratamiento de la fascitis plantar con ondas de choque focalizadas

Autor:

Ana M^a Andrés Toribio

Director:

Dra. Ana María González Rebollo.

Codirector:

Dr. Manuel Garrosa.

Departamento:

Dpto. de Biología Celular, Genética, Histología y Farmacología.
Universidad de Valladolid.

Información de contacto:

Ana María Andrés Toribio.
Servicio de Medicina Física y Rehabilitación,
Complejo Asistencial de Zamora, Zamora,
España.
Correo electrónico:
aandrest@saludcastillayleon.es

*A mis familiares, amigos y a esas vidas que ya no están presentes, que hacen tanta falta
y cuyos recuerdos me acompañan siempre.*

AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis el Dr. Garrosa por su profesionalidad y colaboración para que este proyecto saliera adelante.

A mi directora, compañera y amiga, la Dra. González Rebollo, por todo el tiempo dedicado a este trabajo, por su motivación incansable, por su apoyo, por su comprensión en todo momento y sobre todo, por ser un ejemplo y un modelo a seguir como persona y como profesional sanitario.

Al Dr. Tristán Vega, por su paciencia infinita, por su colaboración y consejos, y sobre todo por lograr simplificar lo que, a simple vista, resultaba casi imposible.

A mi madre le dedico mi más sincero agradecimiento, por su apoyo y perseverancia que han hecho realidad este proyecto; gracias por tu paciencia más allá de todo límite, por tu cariño, por tu positividad y por tu saber estar, incluso en los momentos más difíciles.

A mi hermano, por estar ahí incluso sin estar y por ser un pilar fundamental de la familia, ejemplo de entereza, dedicación y trabajo.

A mis familiares y amigos, por creer en mí y apoyar mis proyectos, por su comprensión, apoyo y cariño.

Por último, a todos los pacientes que voluntariamente han participado en esta investigación.

A todos ellos, muchas gracias.

RESUMEN

La fascitis plantar (FP) es una patología frecuente e invalidante que puede tratarse con ondas de choque focalizadas.

El objetivo principal del estudio fue valorar la eficacia del tratamiento con ondas de choque focalizadas en la FP según la densidad de energía utilizada.

Se incluyeron 82 pacientes con diagnóstico clínico de FP que fueron asignados mediante muestreo aleatorio simple a dos grupos de tratamiento: densidad de energía media-alta ($0,59\text{mJ/mm}^2$) y densidad de energía media-baja ($0,27\text{mJ/mm}^2$).

Se evaluaron el dolor y la funcionalidad, mediante las escalas EVA (Escala Visual Analógica) y AOFAS (American Orthopedic Foot and Ankle Society Ankle-Hindfoot Scale) respectivamente, al inicio del estudio (consulta base), y al primer, tercer y sexto mes tras el tratamiento.

Por último, se evaluó el grado de satisfacción de los pacientes mediante la escala de Roles y Maudsley.

Se compararon los resultados de las escalas en las revisiones posteriores al tratamiento, obteniéndose significación estadística para las variables principales del estudio (dolor y funcionalidad) en cada grupo de intervención.

Aunque los niveles de dolor y la funcionalidad mejoraron en ambos grupos de estudio, se obtuvo una respuesta analgésica y funcional mayor y más precoz en el grupo tratado con densidad de energía media-alta.

Palabras clave: ondas de choque focalizadas; fascitis plantar; generador piezoeléctrico; rehabilitación.

ABSTRACT

Plantar fasciitis (FP) is a frequent and disabling condition that can be treated with focused extracorporeal shock waves.

The main objective of this study was to assess the effectiveness of focused extracorporeal shockwave treatment in FP according to the energy density used.

Eighty-two patients with a clinical diagnosis of FP were included and assigned, by simple random sampling, to two treatment groups: medium-high energy density (0.59mJ/mm²) and medium-low energy density (0.27mJ/mm²).

Pain and functionality were assessed using the VAS (Visual Analogical Scale) and AOFAS (American Orthopedic Foot and Ankle Society Ankle-Hindfoot Scale) scales, respectively, at the start of the study (baseline consultation), and at the first, third and sixth month post-treatment.

Finally, the degree of patient satisfaction was evaluated using the Roles and Maudsley score.

The results of the scales in the post-treatment reviews were compared, and statistical significance was obtained for the main study variables (pain and functionality) in each intervention group.

Although pain levels and functionality improved in both study groups after treatment, a greater and earlier analgesic and functional response was obtained for the medium-high energy density group.

Key words: focused extracorporeal shock waves; plantar fasciitis; functionality; energy density.

ACRÓNIMOS-ABREVIATURAS

AINE: Antiinflamatorios no esteroideos

AOFAS: Escala de la American Orthopedic Foot and Ankle Society

AVD: Actividad de la Vida Diaria

BTX A: Toxina botulínica tipo A

CB: Consulta base

DAI: Dispositivo Automático Implantable

DE: Densidad de energía

EMG: Electromiografía

ENG: Electroneurografía

ESWT: Tratamiento con Ondas de Choque Extracorpóreas

EVA: Escala Visual Analógica

FFI: Foot Function Index

FP: Fascitis plantar

FSWT: Tratamiento con Ondas de Choque Focalizadas

Hz: Hertzios

IMC: Índice de Masa Corporal

IMST: Internacional Society for Medical Shockwave Treatment

MPa: Megapascales

mJ/mm²: milijulios por milímetro cuadrado

ONLAT: Federación Ibero-Latinoamericana de Sociedades y Asociaciones de Ondas de choque en Medicina e Ingeniería Tisular

P+: Presión positiva

PRP: Plasma Rico en Plaquetas

RSWT: Tratamiento con Ondas de Choque Radiales

RyM: Escala de Roles y Maudsley

SETOC: Sociedad Española de Tratamientos con Ondas de Choque

US: Ultrasonidos

ÍNDICE

CONTENIDO

1. Justificación, hipótesis y objetivos	17
1.1 Justificación.....	19
1.2 Hipótesis.....	20
<i>Hipótesis nula</i>	20
<i>Hipótesis alternativa</i>	20
1.3 Objetivos	21
<i>Principal</i>	21
<i>Secundarios</i>	21
1.4 Publicaciones científicas	22
1.5 Estructura del documento.....	22
2. Introducción	27
2.1 Bases anatómicas	29
<i>Artrología</i>	29
<i>Miología</i>	32
<i>Vascularización e inervación</i>	39
2.2 Aspectos biomecánicos	47
<i>Biomecánica articular y muscular del pie</i>	47
<i>Bóveda plantar</i>	49
<i>Mecanismos de soporte</i>	50
2.3 Fascitis plantar	54
<i>Historia y generalidades</i>	54
<i>Epidemiología</i>	54
<i>Etiología y factores de riesgo</i>	55
<i>Patogenia</i>	59
<i>Diagnóstico</i>	60
<i>Historia clínica</i>	60
Exploración física.....	61
<i>Pruebas complementarias</i>	67
<i>Diagnóstico diferencial</i>	76
<i>Tratamiento</i>	80
2.4 Ondas de choque extracorpóreas.....	98
<i>Definición</i>	98
<i>Mecanismo de acción</i>	100

<i>Tipos de ondas</i>	102
<i>Principales diferencias entre ondas de choque radiales y focalizadas</i>	105
<i>Parámetros relevantes de las ondas de choque</i>	107
<i>Indicaciones</i>	109
<i>Contraindicaciones</i>	110
<i>Riesgos y complicaciones de las ondas de choque</i>	111
<i>Ondas de choque extracorpóreas en fascitis plantar</i>	112
3. Material y métodos	115
3.1 Diseño del estudio	117
3.2 Selección de pacientes.....	117
<i>Población objetivo</i>	117
<i>Población de estudio</i>	117
<i>Criterios de inclusión</i>	117
<i>Criterios de exclusión</i>	118
3.3 Muestreo y grupos de estudio.....	119
<i>Diagrama de flujo del estudio</i>	119
<i>Grupos de estudio</i>	121
3.4 Protocolo del estudio.....	122
<i>Material</i>	122
<i>Personal investigador</i>	123
<i>Consulta base</i>	123
<i>Tratamiento</i>	125
<i>Seguimiento</i>	129
3.5 Variables analizadas	130
3.6 Análisis estadístico.....	131
3.7 Aspectos éticos.....	132
4. Resultados	133
4.1 Evaluación del sesgo de la muestra.....	135
4.2 Evaluación independiente de la eficacia del tratamiento para cada grupo (G7-G12)	136
4.3 Comparativa por grupos: evolución respecto de la consulta basal	138
4.4 Comparativa por grupos: evolución diferencial	139
4.5 Comparativa por grupos: satisfacción percibida	141
4.6 Comparativa de la percepción dolorosa con el tratamiento.....	142
<i>Entre sesiones</i>	142

<i>Por grupos de estudio</i>	143
5. Discusión	145
5.1 Características y relevancia del estudio.....	147
5.2 Limitaciones del estudio.....	150
5.3 Líneas de trabajo futuras	150
6. Conclusiones	151
7. Bibliografía	155
8. Anexos	171
Anexo 1. Hoja informativa para los participantes del estudio	174
Anexo 2. Formulario de consentimiento informado para participar en el estudio	175
Anexo 3a. Hoja de datos consulta base.....	176
Anexo 3b. Hoja de datos tratamiento.....	177
Anexo 3c. Hoja de datos seguimiento.....	178
Anexo 4. Folleto informativo con ejercicios para pacientes con fascitis plantar	179
Anexo 5. Escala EVA	185
Anexo 6. Escala AOFAS	186
Anexo 7. Consentimiento informado ondas de choque extracorpóreas	187
Anexo 8. Escala de Roles y Maudsley	189

1. JUSTIFICACIÓN, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

1.1 JUSTIFICACIÓN

La fascitis plantar (FP) es la causa más común de dolor a nivel de la almohadilla talar; se estima que un 10% de la población general podría verse afectada por esta patología en algún momento de su vida (Crawford and Thomson, 2003).

Entre las numerosas opciones de tratamiento conservador se encuentra la terapia con ondas de choque que puede administrarse con un flujo de energía variable, de bajo a alto, y la modalidad de onda puede ser focal o radial (Trojian and Tucker, 2019).

No existe un consenso sobre la intensidad óptima de la onda de choque, la modalidad o el protocolo del ciclo del pulso para el tratamiento de la FP (Trojian and Tucker, 2019).

Numerosos estudios demuestran la eficacia del tratamiento con ondas de choque focalizadas (FSWT) en la FP utilizando densidades de energía media (Saber et al., 2012; Lai et al., 2018; Vaamonde-Lorenzo L, 2019; Zhao et al., 2020). En general, los protocolos son heterogéneos y las comparaciones se realizan con placebo (Gollwitzer et al., 2015) o con otros tratamientos conservadores (infiltraciones con corticoides (Saber et al., 2012; Chen et al., 2018; Lai et al., 2018; Zhao et al., 2020), ondas de choque radiales (Elía Martínez et al., 2020), toxina botulínica (Roca et al., 2016), etc.). Sin embargo, dentro del amplio rango disponible en relación a la densidad de energía (DE) en FSWT, se desconoce el valor óptimo para tratar esta patología tan frecuente como invalidante.

Por otra parte, no existe un estudio comparativo de FSWT aplicado a FP cuya variable principal sea la DE, que especifique y mantenga fijos otros parámetros como son: el generador y el número de disparos y sesiones.

Finalmente, este tratamiento suele resultar doloroso durante su aplicación y su efecto analgésico-antiinflamatorio es tiempo-dependiente. No hay publicaciones acerca de la existencia o ausencia de correlación subjetiva entre el aumento de la DE y la percepción subjetiva de dolor durante FSWT aplicado a FP, hechos que promueven la justificación de este estudio.

1.2 HIPÓTESIS

Existe una gran heterogeneidad en los estudios sobre la efectividad de las ondas de choque focalizadas en el tratamiento de la FP.

En base a lo expuesto, para el presente estudio, se establecen las siguientes hipótesis:

HIPÓTESIS NULA

Como hipótesis nulas se plantearon las siguientes opciones:

- Que la aplicación de FSWT para el tratamiento de la FP utilizando una DE media-alta ($0,59\text{mJ/mm}^2$), obtendría resultados clínicos equivalentes en cuanto a la reducción de dolor, incremento de la funcionalidad y grado de satisfacción final respecto al uso de la DE media-baja ($0,27\text{mJ/mm}^2$).
- Que la aplicación de FSWT para el tratamiento de la FP utilizando una DE media-alta ($0,59\text{mJ/mm}^2$), se correlacionaría con una percepción subjetiva de dolor con la aplicación del tratamiento equivalente respecto al uso de la DE media-baja ($0,27\text{mJ/mm}^2$).

HIPÓTESIS ALTERNATIVA

Como hipótesis alternativas se plantearon las siguientes opciones:

- Que la aplicación de FSWT para el tratamiento de la FP utilizando una DE media-alta ($0,59\text{mJ/mm}^2$), obtendría resultados clínicos superiores en cuanto a la reducción de dolor, incremento de la funcionalidad y grado de satisfacción final respecto al uso de la DE media-baja ($0,27\text{mJ/mm}^2$).
- Que la aplicación de FSWT para el tratamiento de la FP utilizando una DE media-alta ($0,59\text{mJ/mm}^2$), se correlacionaría con una mayor percepción subjetiva de dolor con la aplicación del tratamiento respecto al uso de la DE media-baja ($0,27\text{mJ/mm}^2$).

1.3 OBJETIVOS

PRINCIPAL

Comparar la eficacia clínica del tratamiento de la FP con ondas de choque focalizadas utilizando dos densidades de energía media diferentes.

SECUNDARIOS

Determinar la variación de la escala EVA inicial (consulta base), al primer, tercer y sexto mes; por grupo de intervención y comparando ambos grupos de estudio entre sí: DE media-baja (0.27mJ/mm²) y DE media-alta (0.59mJ/mm²).

Determinar la variación de la escala AOFAS inicial (consulta base), al primer, tercer y sexto mes; por grupo de intervención y comparando ambos grupos de estudio entre sí: DE media-baja (0.27mJ/mm²) y DE media-alta (0.59mJ/mm²).

Determinar el valor diferencial de las escalas EVA y AOFAS del primer, tercer y sexto mes respecto del valor inicial (consulta base) dentro de cada grupo de estudio y comparar ambos grupos de estudio entre sí: DE media-baja (0.27mJ/mm²) y DE media-alta (0.59mJ/mm²).

Determinar el valor diferencial de las escalas EVA y AOFAS del primer mes respecto de la consulta base (CB), del tercer mes respecto al primer mes y del sexto mes respecto al tercer mes dentro de cada grupo de estudio y comparar ambos grupos de estudio entre sí: DE media-baja (0.27mJ/mm²) y DE media-alta (0.59mJ/mm²).

Comparar la percepción dolorosa que supone la aplicación de FSWT en la FP mediante la escala EVA en ambos grupos de estudio: DE media-baja (0.27mJ/mm²) y DE media-alta (0.59mJ/mm²) y analizar las diferencias entre sesiones dentro de la muestra.

Determinar el grado de satisfacción percibido por los pacientes incluidos en la investigación tras 6 meses de finalizar el tratamiento mediante la escala de Roles y Maudsley.

1.4 PUBLICACIONES CIENTÍFICAS

En esta sección se muestran las publicaciones del autor de la presente tesis doctoral durante la ejecución de la misma.

Artículo original publicado el 21 de marzo de 2022 en la revista Investigación Clínica, indexada o catalogada en: Q4 SJR 2020 0.12; Web Of Science Group; WOS JCR 0.683, Año: 2020; Latindex; MIAR; Mir@bel; WorldCat; Index Copernicus; Academic Journals Database; SciELO; REVENCYT; RevicyhLUZ; ADIPOS; LIVECS; LILACS; PubMed; PERIODICA; Ulrich's Periodicals; BIONET; Biblioteca Regional de Medicina / BIREME (Brasil); Excerpta Medica / EMBASE (Holanda); Index Medicus; MEDLINE (USA); Tropical Diseases Bulletin (UK).

Andrés Toribio, A. M., González Rebollo, A. M., Tristán-Vega, A., & Garrosa, M. (2022). Influencia de la densidad de energía de ondas de choque focalizadas en el tratamiento de la fascitis plantar. Influence of energy density on the effectiveness of the treatment of plantar fasciitis with focused extracorporeal shock waves. *Investigación Clínica*, 63(1), 32-46. <https://doi.org/10.54817/IC.v63n1a03> (JCR 2021: 0.645)

1.5 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

Se describen las diferentes partes en las que se divide el documento. Inicialmente se incluye un breve resumen y los acrónimos que se utilizarán a lo largo del trabajo para facilitar la comprensión del mismo. La tesis se divide en 6 capítulos principales a los que se añaden dos capítulos más que corresponden a la bibliografía en la que está basada la redacción del documento y los anexos. A continuación se detalla el contenido principal de los diferentes capítulos que se desarrollarán a lo largo de la tesis.

- **Justificación, hipótesis y objetivos:** las ondas de choque se utilizan de forma frecuente en el tratamiento de la FP. Numerosos estudios justifican su efectividad pero no existe uniformidad de criterios en cuanto a su uso. Además existen varios parámetros a tener en cuenta a la hora de aplicar este tratamiento (tipo de generador, número de sesiones, número de disparos, DE,...), entre ellos la DE es uno de los más importantes, motivo por el cual es la variable principal de nuestra investigación, ya que no existen comparativas homogéneas entre distintas densidades de energía de FSWT. El objetivo fundamental es valorar la eficacia de dos densidades de energía en el tratamiento de la FP para poder optimizar este tratamiento en esta patología tan frecuente como invalidante. Dado que se trata de un tratamiento doloroso también se recogió la percepción subjetiva de dolor durante el tratamiento con las densidades de energía aplicadas y se recogieron datos sociodemográficos de la muestra en estudio. Por otro lado, se detallan las publicaciones derivadas de la tesis doctoral, especificando la revista y las diferentes plataformas en las que se encuentra indexada así como su factor de impacto actualizado. Por último se incluye el presente apartado detallando por capítulos la estructura fundamental del documento para facilitar el seguimiento del mismo.
- **Introducción:** en esta sección se pretende crear un marco teórico que permita comprender la FP. Está dividido en cuatro apartados, el primero de ellos corresponde a las bases anatómicas del pie y la fascia plantar, en él se especifican la anatomía ósea, articular, muscular así como la vascularización e inervación principal de la región del pie, que está ligada por extensión a la extremidad inferior. El segundo apartado corresponde a la biomecánica del tobillo, del pie y de otras estructuras que resultan relevantes para el correcto funcionamiento de la fascia plantar como por ejemplo el complejo aquileo-calcáneo-plantar. Una vez expuestas la anatomía y biomecánica básicas de la región, redactamos en profundidad en el tercer apartado el tema de la FP desde su historia y epidemiología, pasando por sus factores etiológicos y de riesgo, así como su patogenia. Posteriormente se detallan aspectos relevantes a tener en cuenta en la anamnesis, exploración y diagnóstico de la FP. También se relatan las diferentes pruebas complementarias en las que podemos apoyar nuestra sospecha diagnóstica y que nos pueden ayudar en nuestro diagnóstico diferencial. Finalmente, una vez hecho nuestro diagnóstico, se especifican las

diferentes opciones terapéuticas existentes en la actualidad para tratar esta patología, desde las medidas generales, tratamientos conservadores convencionales, hasta llegar a opciones de tratamiento más invasivas e incluso quirúrgicas. El último apartado se dedica a describir la intervención utilizada en nuestro estudio, las ondas de choque extracorpóreas, desde su concepto y mecanismo de acción hasta los efectos físicos y biológicos que estas ondas provocan en los tejidos; se detallan diferencias entre los tipos de ondas de choque que existen, sus principales indicaciones, contraindicaciones y los posibles riesgos o complicaciones que pueden derivarse de su aplicación en la clínica diaria. Finalmente, se dedica un subapartado a las diferentes aplicaciones de este tratamiento en la FP según la literatura revisada hasta la fecha.

- **Material y métodos:** en este capítulo se describen detalladamente los aspectos materiales y metodológicos más importantes del estudio. Se especifica el tipo de población sobre la que se pretenden generalizar los resultados obtenidos (población objetivo), la selección y reclutamiento de los pacientes que entraron a formar parte de la población de estudio, así como los datos sociodemográficos principales de la muestra. Por otro lado, se especifican los criterios de inclusión y exclusión para poder participar en la investigación. Se reflejan en un diagrama de flujo las diferentes fases del estudio, los grupos de tratamiento (G7: DE media-baja y G12: DE media-alta) y el número de pacientes que se incluyeron en cada uno de ellos teniendo en cuenta las pérdidas acaecidas durante el período de investigación. Además, se especifican los materiales utilizados en el estudio, el tipo de generador (piezoeléctrico) y sus diferentes componentes así como la metodología del estudio por fases y grupos de estudio. Por otro lado, se especifican las diferentes escalas y cuestionarios utilizados a lo largo del estudio que serán posteriormente analizadas. En este apartado se enumeran las variables analizadas que, como hemos anticipado, se centran en la DE de las ondas de choque en la FP. Utilizamos dos densidades de energía diferentes: DE media-baja (G7) y DE media-alta (G12) dividiendo a la muestra en dos grupos de estudio. Se realiza un seguimiento posterior de los pacientes hasta el sexto mes post-tratamiento, realizando revisiones al primer, tercer y sexto mes post-tratamiento, recogiendo datos de las escalas de dolor y funcionalidad que posteriormente son analizadas por los investigadores para valorar la significación estadística de los diferentes datos recogidos.

También se valoró la percepción subjetiva de dolor con el tratamiento en ambos grupos de estudio y por sesiones, para determinar si esta variable se correlacionaba con el incremento de la DE. Por último se detallan los aspectos éticos indispensables para poder llevar a cabo este estudio.

- **Resultados:** inicialmente se realiza una evaluación del sesgo sociodemográfico y por grupos de estudio. La variable principal del estudio, la DE, se analiza en la muestra de forma independiente y por grupos de intervención. Se comparan los resultados de las escalas de dolor y funcionalidad de forma independiente para cada grupo de intervención. Se comparan los resultados de las escalas de seguimiento (primer, tercer y sexto mes post-tratamiento) respecto de la consulta basal y también se realiza el evolutivo diferencial entre los resultados de las diferentes visitas. Tras finalizar el seguimiento de seis meses de la muestra, se analiza la escala de satisfacción en cada grupo de estudio para valorar si existen diferencias entre ambas intervenciones en cuanto a grado de satisfacción percibido. La aplicación de las ondas de choque suele resultar subjetivamente dolorosa, se investigó si el incremento de DE conllevaba un incremento en la percepción dolorosa subjetiva con la aplicación del tratamiento, así como si esta percepción dolorosa resultaba similar o no para ambas sesiones, aplicadas en cada grupo y en toda la muestra.
- **Discusión:** en este apartado se pretende dar respuesta a las hipótesis que justifican el estudio. Se discute sobre los hallazgos clínicos y sobre los aspectos más importantes relacionados con la eficacia de FSWT en la FP teniendo en cuenta la DE utilizada y su influencia sobre las variables analizadas. Se interpretan los resultados a la luz de la evidencia existente; incluyendo además fuentes de sesgo e imprecisión y limitaciones propias de la investigación. Se incide en las líneas de trabajo futuras que podrían resultar de interés para abrir nuevas vías de investigación dentro del tratamiento de la FP con FSWT.
- **Conclusiones:** se hace referencia a los principales resultados y contribuciones de la presente tesis de forma sintética y concreta; pueden suponer un interesante punto de partida para futuras investigaciones.

- **Bibliografía:** la búsqueda bibliográfica se llevó a cabo en varias bases de datos, entre ellas, MEDLINE, que forma parte de los componentes de PubMed, “The Cochrane Library” y “Google Scholar”. Finalmente, se añadió información relevante procedente de otras fuentes como: la consulta de libros de texto actualizados y la comunicación con expertos sobre la materia de la investigación. La incorporación y recopilación de las citas bibliográficas con el estilo Harvard se realizó mediante la herramienta “Jabref”, que es un gestor de referencias bibliográficas de código abierto que permite importar, editar, organizar y exportar referencias en formato BibTeX.
- **Anexos:** en este capítulo se incluyen los diferentes consentimientos informados, hojas de recogida de datos de la consulta basal y seguimiento de la investigación. También, los cuestionarios y escalas utilizados para la valoración de las variables principales del estudio, así como la documentación informativa facilitada a los pacientes y el protocolo de cinesiterapia básica domiciliaria para la FP.

2. INTRODUCCIÓN

2.1 BASES ANATÓMICAS

La región cutánea de la zona plantar del pie es delgada a nivel de los dedos y del empeine y se engruesa a nivel del talón y de la región de las cabezas de los metatarsianos en respuesta a la fricción y soporte del peso corporal durante la marcha. La composición subcutánea de la planta y cara plantar de los dedos dispone de un gran contenido graso mezclado con tejido conectivo fibroso. Este cojín graso es más evidente en las regiones que soportan peso a nivel del pie, una de ellas es el talón (Netter, 2001).

La fascia plantar es una continuación de la fascia profunda del dorso del pie tras fijarse al periostio de los lados del primero al quinto metatarsianos. La aponeurosis plantar es comparable a la palmar de la mano; se compone de unas bandas de tejido conjuntivo fibroso que se disponen de forma longitudinal y divergen desde la tuberosidad medial del calcáneo hasta los dedos. Las fibras transversas situadas más en profundidad forman una banda de refuerzo que se denomina ligamento transversal superficial y se dispone sobre las cabezas de los metatarsianos. Además existen fascículos transversos que refuerzan las membranas de los dedos. La fascia plantar lateral es gruesa y bien desarrollada cerca del talón y más delgada hacia el dedo pequeño. La fascia plantar medial cubre los músculos intrínsecos del dedo gordo (Netter, 2001).

Los compartimentos de la planta del pie son similares a los de la palma de la mano. Existe un compartimento para el dedo gordo y sus partes blandas adyacentes; otro para el dedo pequeño; un compartimento central y un compartimento interóseo-aductor profundo. Cada compartimento de los lados contiene un abductor y un flexor para el dedo anexo y su inervación viene dada por ramos de los nervios y vasos plantares laterales y mediales que son ramos del nervio tibial y de la arteria tibial posterior (Netter, 2001).

ARTROLOGÍA

La región del pie es una zona compleja compuesta por numerosas estructuras óseas, ligamentosas y musculares. En la Tabla I (Dalley, 2002) se detallan las diferentes articulaciones

que lo componen para ayudar a la comprensión de las diferentes funciones del tobillo y del pie así como el ciclo de la marcha.

TABLA I. ARTICULACIONES DEL PIE (Dalley, 2002)

Articulación	Tipo	Cara articular	Ligamentos
Subastragalina (astrágalo calcánea)	Sinovial plana	Cara inferior cuerpo astrágalo articula con cara superior del calcáneo	Astragalocalcáneos medial, lateral y posterior Astragalocalcáneo interóseo
Astragalocalcaneoescafoidea	Sinovial; Astragaloescafoidea: enartrosis	Cabeza astrágalo articula con calcáneo y escafoides	Calcaneoescafoideo plantar
Calcaneocuboidea	Sinovial plana	Extremo anterior calcáneo articula con cara posterior cuboides	Calcaneocuboideos dorsal y plantar Plantar largo
Tarsometatarsiana	Sinovial plana	Huesos anteriores del tarso articulan con base de los metatarsianos	Dorsal Plantar Interóseo
Intermetatarsiana	Sinovial plana	Bases de los metatarsianos articulan entre sí	Dorsal Plantar Interóseo.
Metatarsofalángica	Sinovial condílea	Cabezas de los metatarsianos articulan con las falanges proximales	Colaterales Plantar
Interfalángica	Sinovial bisagra	Cabeza de cada falange articula con la base de la falange distal	Colaterales Plantar

A continuación, en las figuras 1 y 2, se ilustran las estructuras anatómicas articulares y ligamentosas del pie.

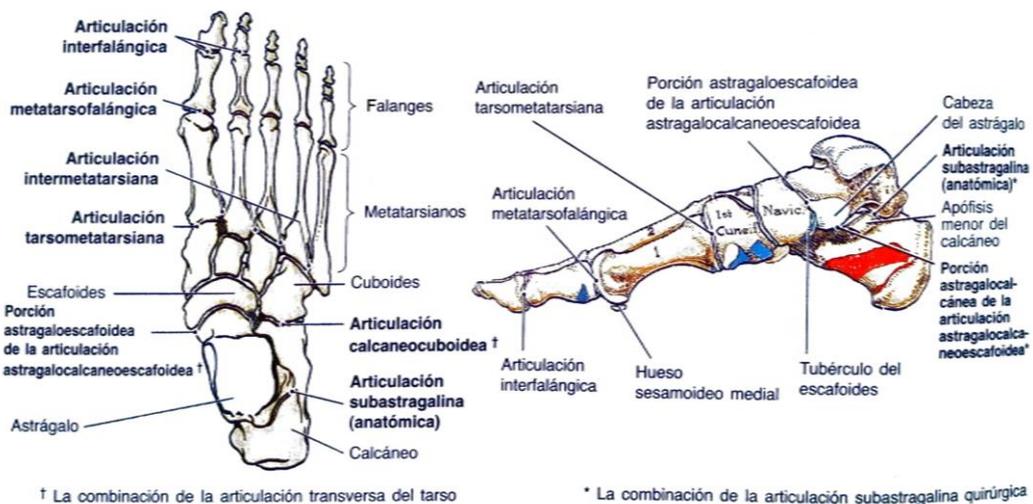


Fig 1. Articulaciones del pie (Dalley 2002).

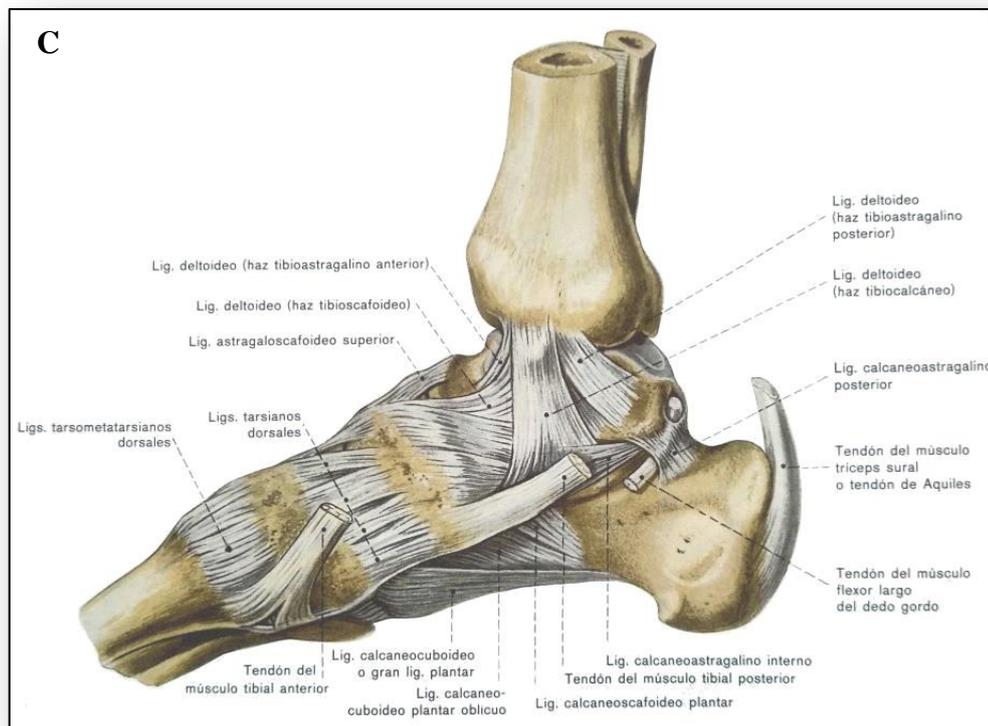
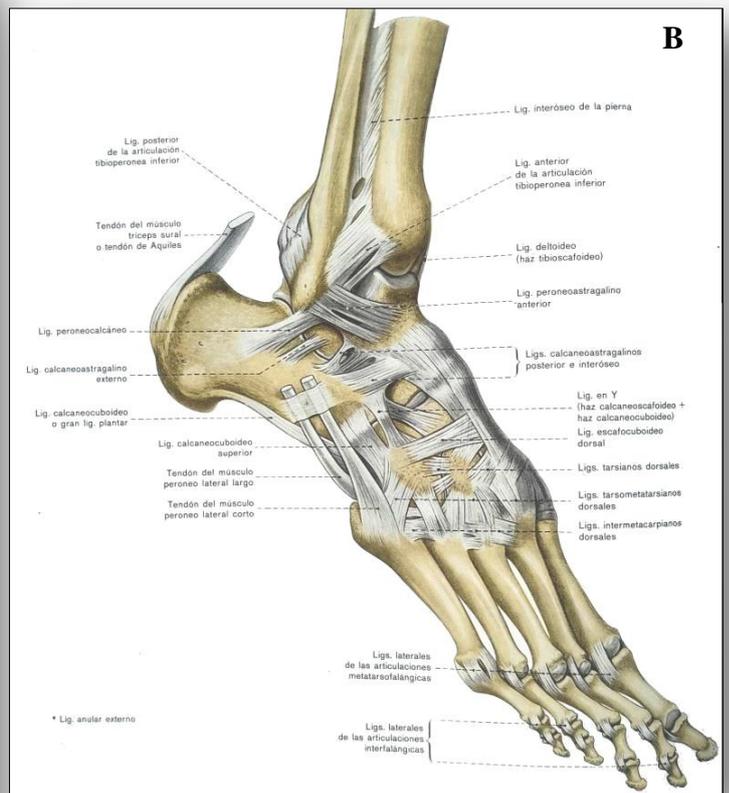
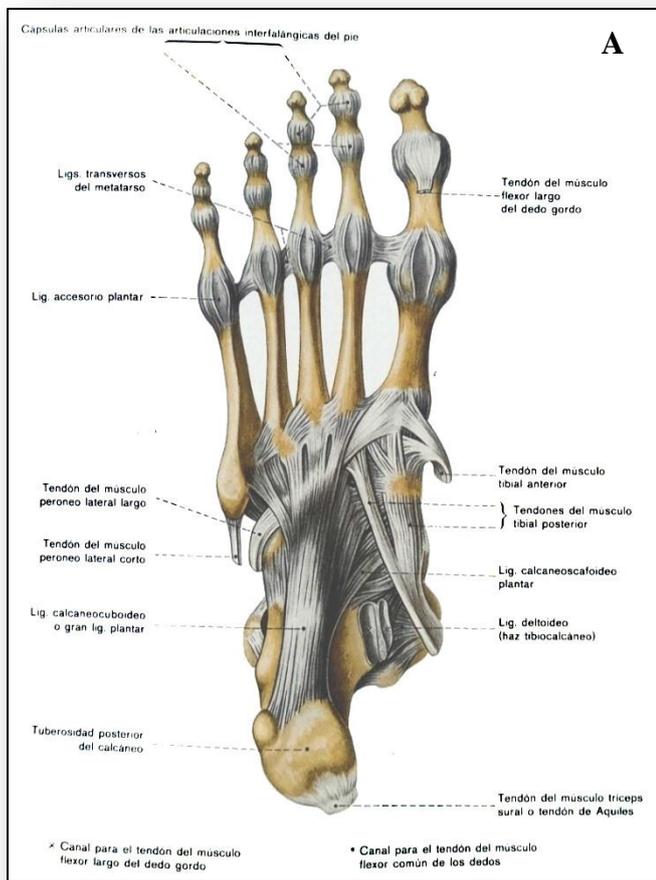


Fig 2. Articulaciones y ligamentos fundamentales del pie. A. Visión plantar. B. Visión externa. C. Visión interna (Wolf-Heidegger, 1972).

MIOLOGÍA

Los *músculos intrínsecos* del pie constan de varias capas musculares que se encuentran entre el dorso y la planta del pie. Esta musculatura se localiza estrictamente dentro del pie, lo que los diferencia de los músculos extrínsecos, los cuales se ubican en la pierna pero generan movimientos del pie ya que se insertan en este último. La función principal de los músculos del pie es mantener los arcos y la estabilidad del pie durante la marcha (Nova, 2022).

En el pie existen un total de 19 músculos divididos en dos zonas fundamentales, dorsal y plantar. El grupo dorsal consta de solo dos músculos: el extensor corto de los dedos y el extensor corto del dedo gordo. Sin embargo, los músculos plantares incluyen a los 17 restantes los cuales se separan en cuatro capas numeradas del 1 al 4 de superficial a profunda. Otra forma de clasificar estos músculos plantares es en grupos verticales en lugar de capas horizontales, de esta forma se dividirían en músculos plantares centrales, mediales y laterales, tal y como se desglosa en la Tabla II y se ilustra en las figuras 3 y 4 (Nova, 2022).

TABLA II
MUSCULATURA INTRÍNSECA DEL PIE (Nova, 2022)

Músculos dorsales del pie	Extensor corto de los dedos, extensor corto del dedo gordo
Músculos plantares organizados por capas	<i>Primera capa:</i> abductor del dedo gordo, flexor corto de los dedos, abductor del quinto dedo <i>Segunda capa:</i> cuadrado plantar, lumbricales <i>Tercera capa:</i> flexor corto del dedo gordo, aductor del dedo gordo, flexor corto del quinto dedo, oponente del quinto dedo <i>Cuarta capa:</i> interóseos plantares y dorsales
Músculos plantares organizados en grupos verticales	<i>Grupo lateral:</i> abductor del quinto dedo, flexor corto del quinto dedo, oponente del quinto dedo <i>Grupo central:</i> flexor corto de los dedos, cuadrado plantar, cuatro lumbricales, tres interóseos plantares, cuatro interóseos dorsales <i>Grupo medial:</i> abductor del dedo gordo, aductor del dedo gordo, flexor corto del dedo gordo

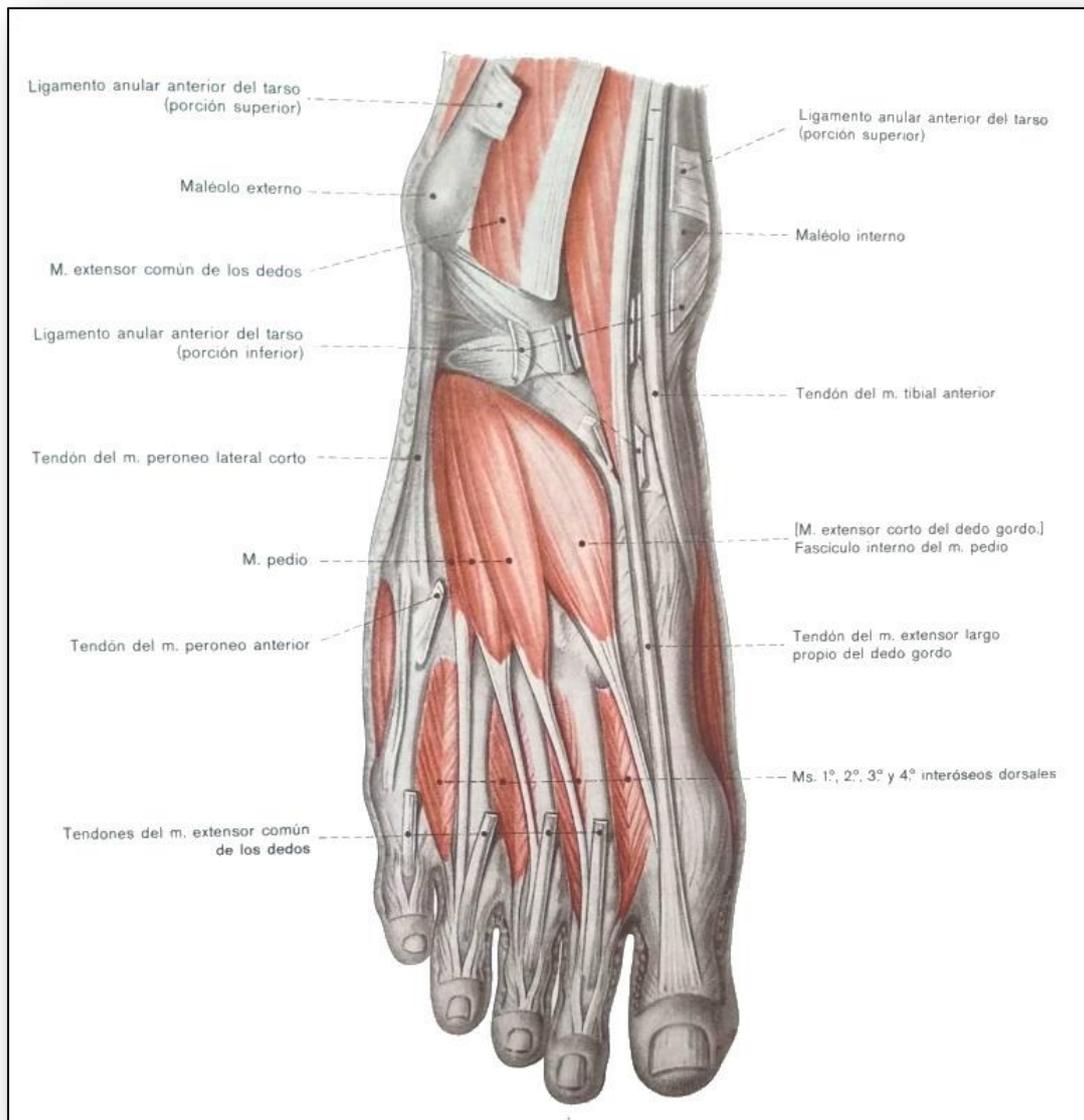


Fig. 3 Músculos y tendones del dorso del pie, después de la extirpación parcial del músculo extensor común de los dedos y del ligamento anular anterior del tarso (Wolf-Heidegger, 1972).

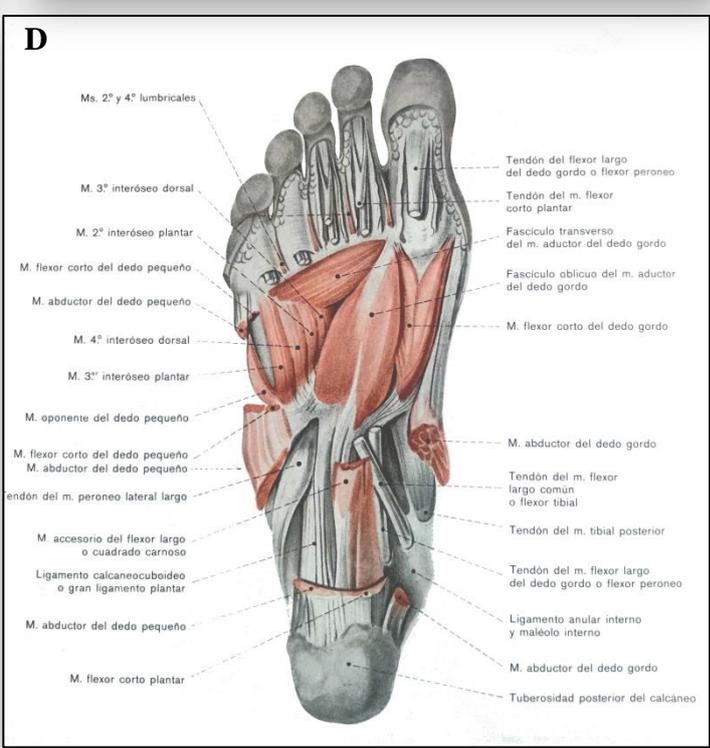
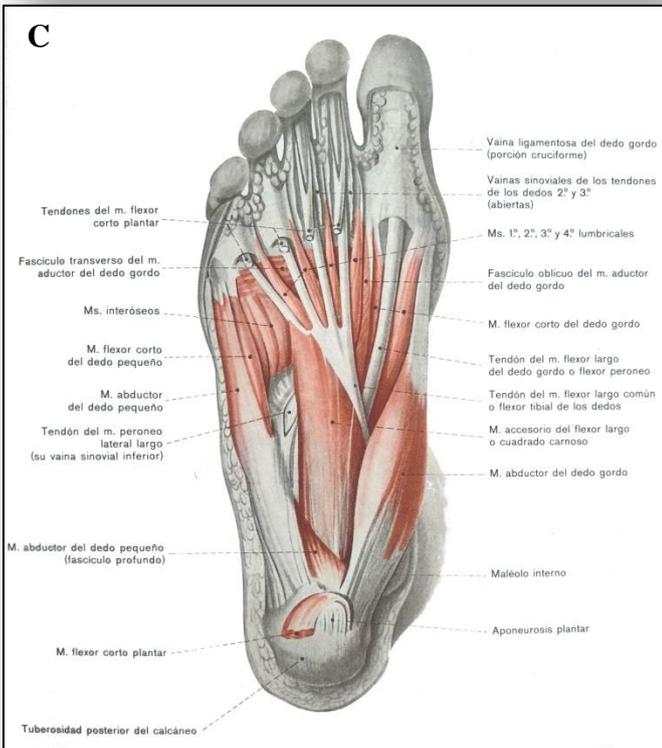
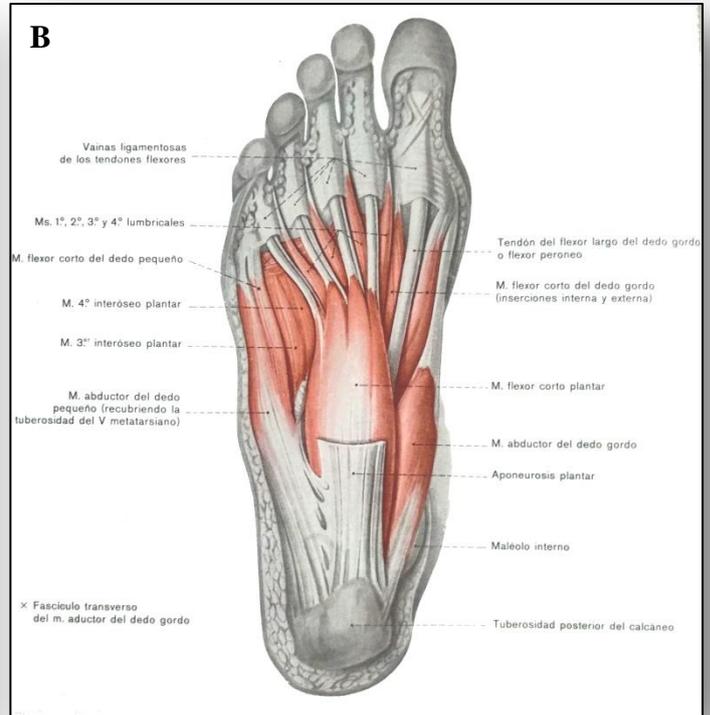
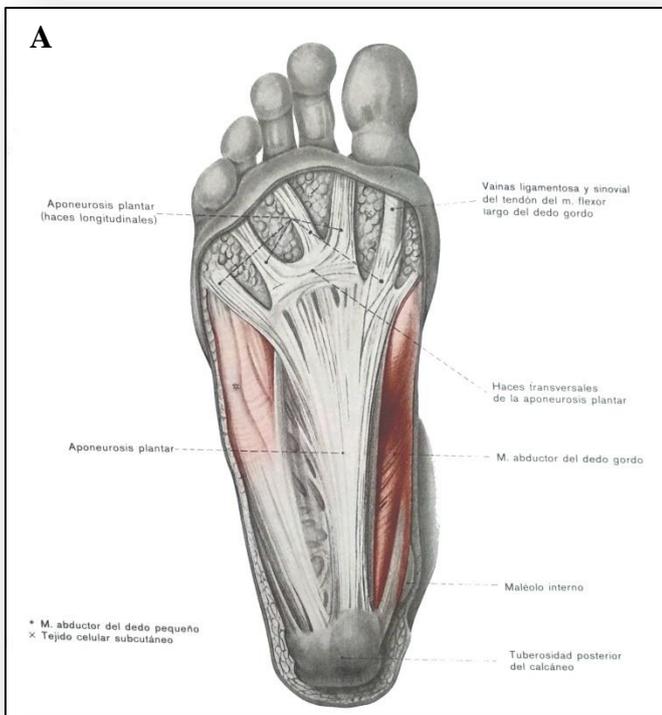


Fig. 4. Músculos plantares del pie. A. Aponeurosis plantar y músculos superficiales de los dedos 1° y 5°, recubiertos por la aponeurosis plantar. B. Músculos superficiales de la planta del pie, con la aponeurosis plantar parcialmente extirpada. C. Músculos profundos de la planta del pie. El músculo flexor corto plantar ha sido parcialmente extirpada. D. Músculos de la planta del pie (máxima profundidad) y músculos interóseos (Wolf-Heidegger, 1972).

Los *músculos extrínsecos* surgen de los compartimentos anterior, lateral y posterior de la pierna y son los principales responsables de acciones como la eversión, la inversión, la flexión plantar y la dorsiflexión del pie (Tabla III) (Laguna, 2022).

TABLA III
MUSCULATURA EXTRÍNSECA DEL PIE (Laguna, 2022)

Músculos anteriores de la pierna	M. Tibial anterior
	M. Extensor largo de los dedos
	M. Tercer peroneo
	M. Extensor largo del dedo gordo
Músculos posteriores de la pierna	<i>Capa muscular superficial:</i>
	M. Gastrocnemio (Gemelos medial y lateral)
	M. Plantar
	M. Sóleo
	<i>Capa muscular profunda:</i>
	M. Tibial posterior
	M. Flexor largo del dedo gordo
M. Flexor largo de los dedos	
Músculos laterales de la pierna	M. Peroneo largo
	M. Peroneo corto

Músculos anteriores de la pierna (figura 5), constituidos por los músculos tibial anterior, extensor largo de los dedos, tercer peroneo y extensor largo del dedo gordo. (Laguna, 2022).

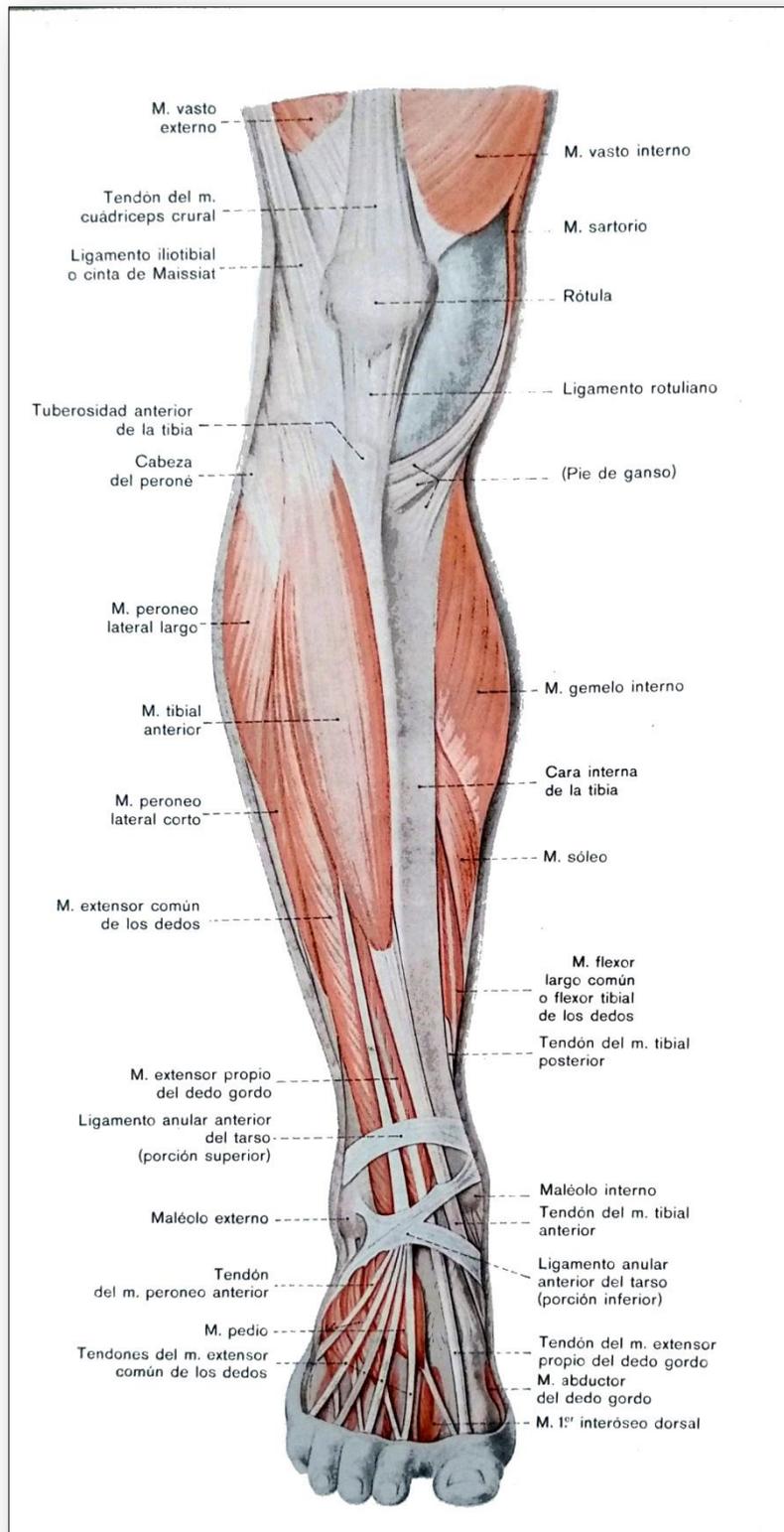


Fig 5. Cara anterior de los músculos superficiales de la pierna y dorso del pie (Wolf-Heidegger, 1972).

Músculos posteriores de la pierna (figura 6), constituidos por una capa superficial (compuesta por los músculos gemelos o gastrocnemio, plantar y sóleo) y por una capa profunda (compuesta por los músculos tibial posterior, flexor largo del dedo gordo y flexor largo de los dedos). (Laguna, 2022).

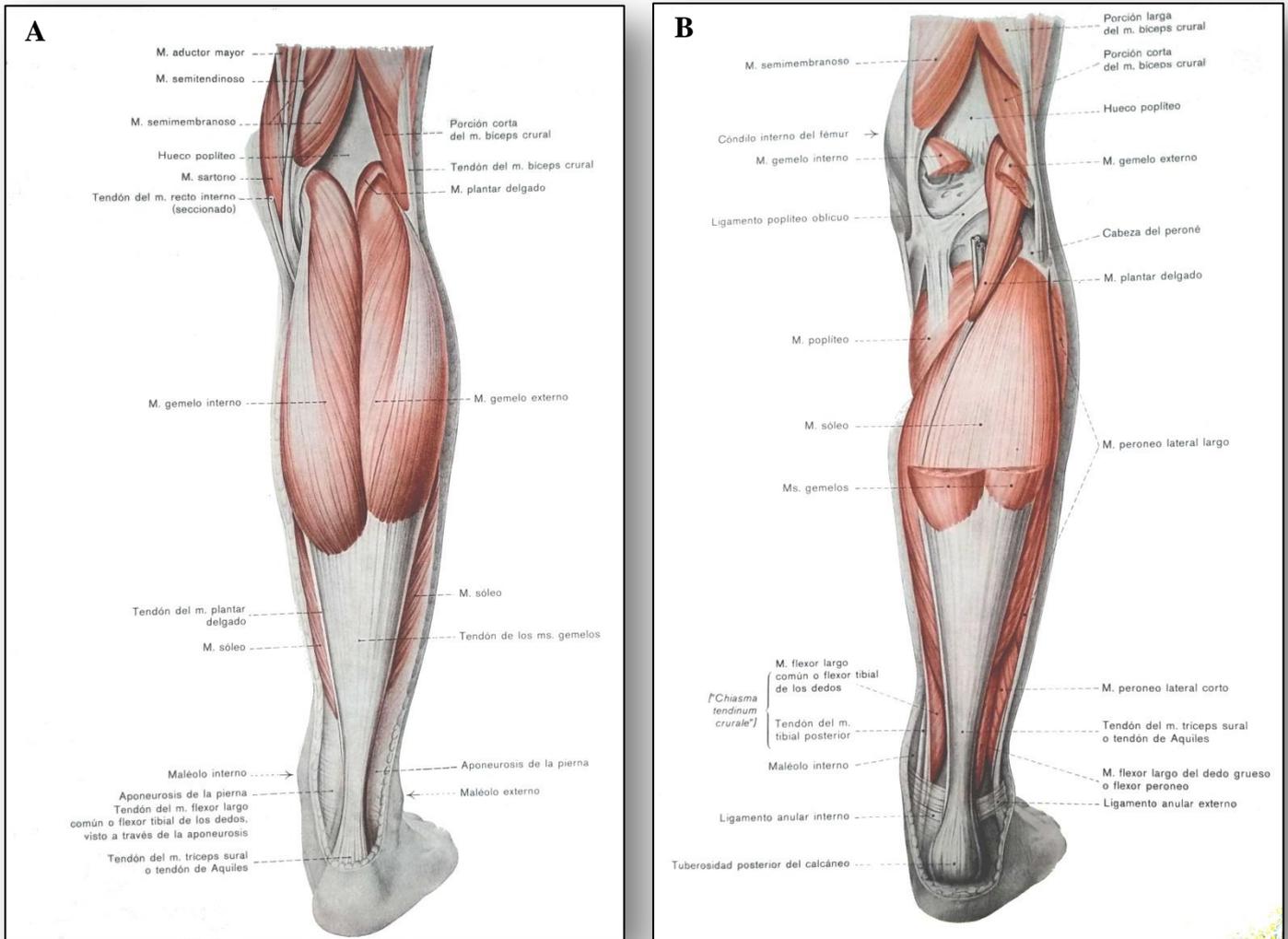


Fig. 6. Músculos de la cara posterior de la pierna. A. Músculos superficiales: músculo gastrocnemio (gemelos interno y externo). B. Músculos sóleo y plantar delgado, con el tríceps sural parcialmente extirpado (Wolf-Heidegger, 1972).

Músculos laterales de la pierna (figura 7), constituidos por el músculo peroneo largo y el músculo peroneo corto. (Laguna, 2022).

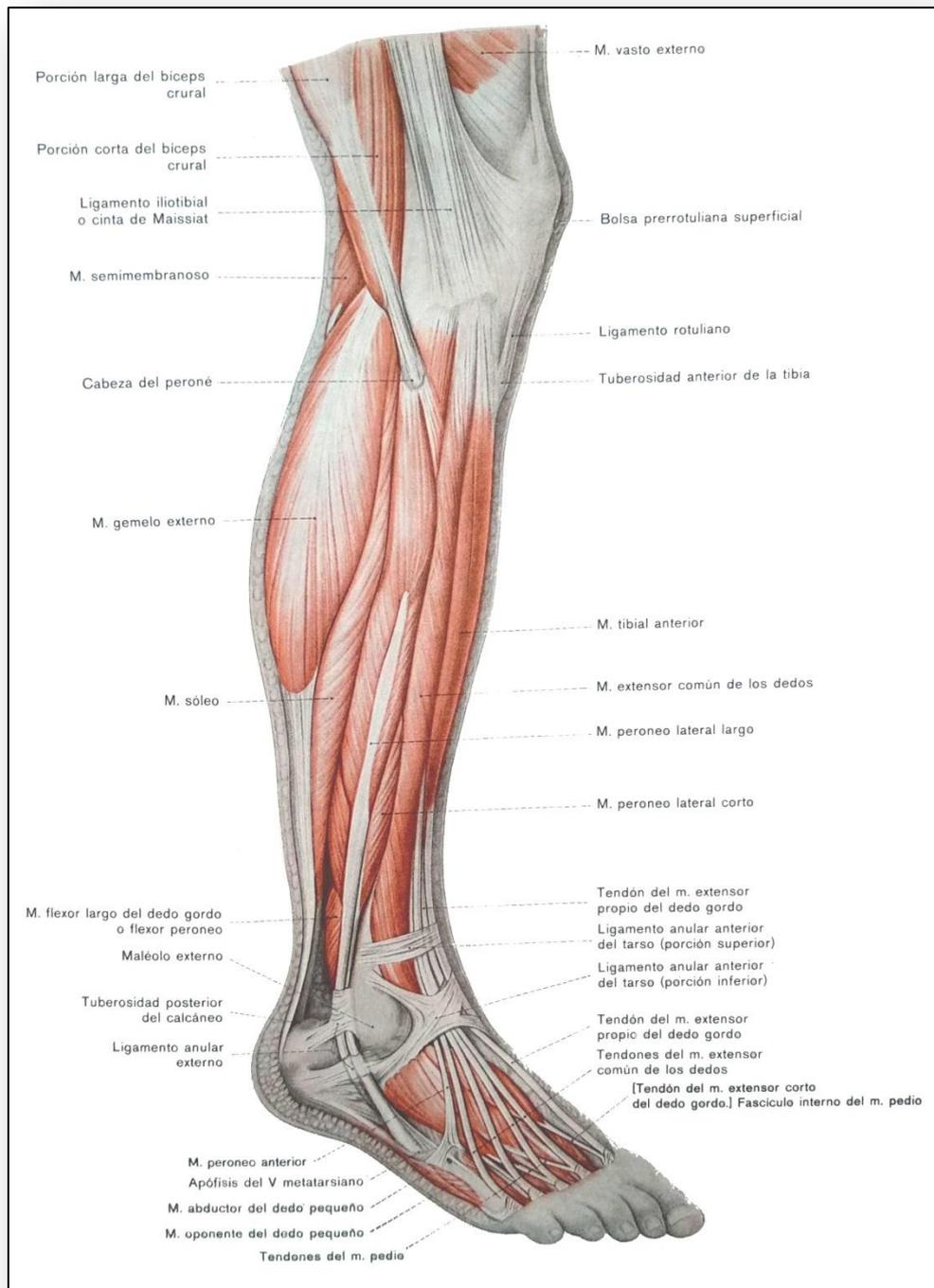


Fig.7. Cara externa de los músculos superficiales de la pierna y dorso del pie (Wolf-Heidegger, 1972).

VASCULARIZACIÓN E INERVACIÓN

VASCULARIZACIÓN

La vascularización arterial de tobillo y pie proviene de tres arterias: tibial anterior, tibial posterior y peronea, véanse figuras 9-12.

La arteria tibial anterior, al llegar al tobillo y después de pasar por debajo de los retináculos de los músculos extensores, pasa a denominarse arteria pedia o dorsal del pie. Se dirige al extremo posterior del primer espacio interóseo, a través del cual alcanza la región plantar y se anastomosa directamente con la terminación de la arteria plantar externa. Esta arteria emite varias ramas: arterias maleolares anteriores interna y externa, arteria tarsiana externa, arteria arcuata o dorsal del metatarso y arteria interósea del primer espacio, que dará la colateral dorsal externa del primer dedo y la colateral dorsal interna del segundo (Sous Sánchez, 2011).

La arteria tibial posterior se distribuye en el compartimento posterior, entre el grupo superficial y el profundo. Sus dos ramas terminales son las arterias plantares interna y externa. También tiene ramas como las siguientes: arteria maleolar interna posterior, ramos articulares, ramos calcáneos internos y ramos musculares (Sous Sánchez, 2011).

La arteria peronea se localiza detrás del peroné y se dirige distalmente en dirección al calcáneo. Irriga los músculos de la cara lateral de la pierna y es un importante vaso colateral longitudinal a través de su rama comunicante con la arteria tibial posterior y su rama perforante hasta la arteria tibial anterior. En su trayecto emite la arteria nutricia del peroné a nivel de la diáfisis de este hueso. La rama perforante atraviesa la membrana interósea, penetra en el compartimento anterior de la pierna y se distribuye por el maléolo lateral y dorso del pie. Irriga las articulaciones del tobillo y cerca del maléolo lateral emite las ramas maleolares laterales, que se anastomosan con las que emite la arteria tibial anterior, y da ramas también para el calcáneo (Sous Sánchez, 2011).

Con respecto a la anatomía venosa, cabe señalar que las venas de los miembros inferiores se clasifican en tres redes: profunda, superficial y anastomótica (sistemas perforante y superficial).

INERVACIÓN

La inervación de tobillo y pie proviene de ramas del nervio ciático, a excepción de un pequeño territorio cutáneo aportado por el nervio safeno, rama del nervio femoral, véanse figuras 9-12. El nervio ciático es el nervio más largo y voluminoso del cuerpo humano. Es un nervio mixto, resultado de la unión de las ramas ventrales de los nervios lumbares L4-L5 y de los sacros S1-S3. Desde su emergencia en la región glútea, este nervio discurre en sentido distal por la cara posterior del muslo hasta alcanzar la región poplítea, donde se divide en sus dos ramas terminales: el nervio peroneo común y el nervio tibial (Sous Sánchez, 2011). La representación de la inervación segmentaria y las áreas nerviosas cutáneas de la extremidad inferior se ilustran en la figura 8.

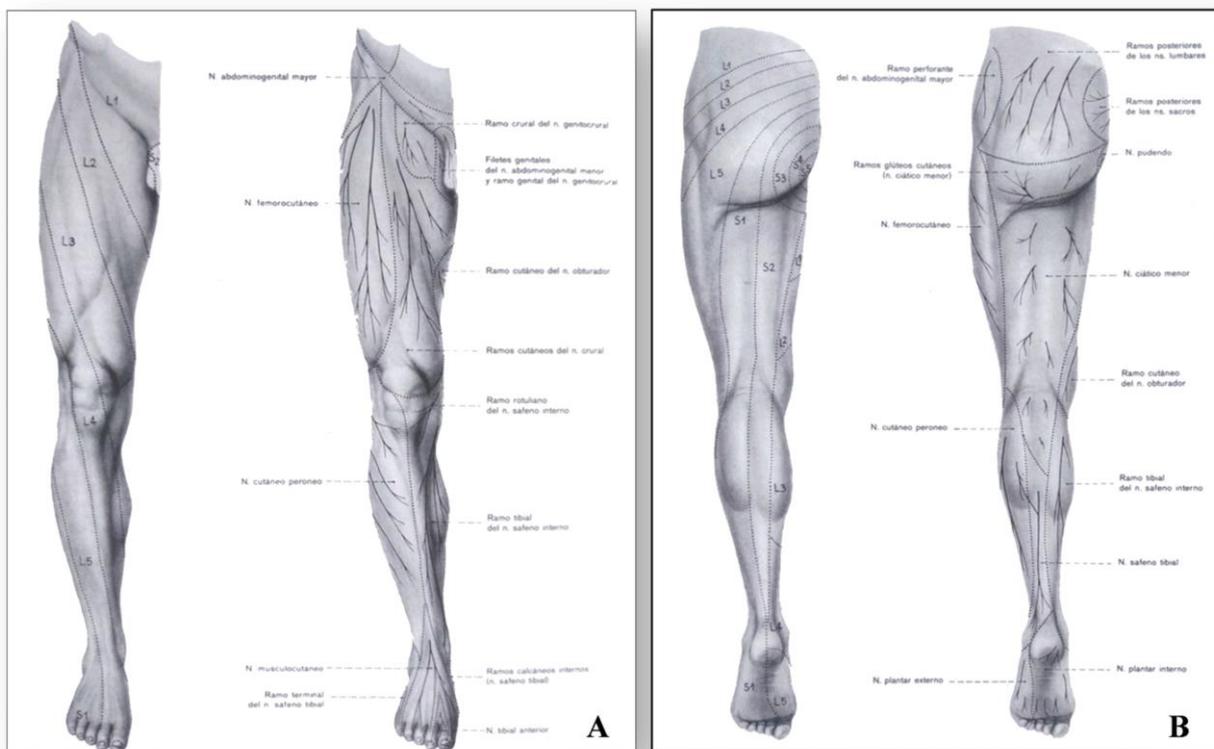


Fig. 8. Representación esquemática de la inervación segmentaria y de las áreas nerviosas cutáneas de la pierna. **A.** Visión anterior. **B.** Visión posterior (Wolf-Heidegger 1972).

El peroneo común se dividirá posteriormente en sus dos ramas terminales: nervio peroneo profundo y superficial, mientras que el nervio tibial lo hará en sus dos ramas terminales, nervio plantar medial y lateral, a nivel del canal o túnel tarsiano. El nervio peroneo común, a través de sus dos ramas terminales, es el responsable de la inervación motora de los compartimentos musculares anterior y lateral de la pierna, y del único músculo situado en el dorso del pie, el músculo extensor corto de los dedos (Sous Sánchez, 2011).

La rama lateral del nervio peroneo común, el nervio peroneo superficial, proporciona la inervación motora de los músculos del compartimento lateral (músculo peroneo largo y corto) y de la mayor parte de la inervación sensitiva del dorso del pie. Por lo tanto, desde el punto de vista motor, podemos asociar a este nervio con el movimiento de eversión del pie y en parte con la flexión plantar del tobillo debido a la situación retromaleolar de los tendones peroneos (Sous Sánchez, 2011).

La rama medial del nervio peroneo común, el nervio peroneo profundo, es la responsable de la inervación motora de los músculos del compartimento anterior de la pierna y del músculo extensor corto de los dedos, por lo que es la responsable de la flexión dorsal del tobillo y de la extensión de los dedos del pie. Desde el punto de vista de su territorio de inervación cutánea, el nervio peroneo profundo cubre de forma característica el dorso del primer espacio intermetatarsiano y del primer espacio interdigital (Sous Sánchez, 2011).

El nervio tibial proporciona la inervación motora de todos los músculos posteriores de la pierna, y a través de sus ramas terminales, nervio plantar lateral y medial, de la musculatura intrínseca plantar. La musculatura posterior de la pierna está formada, en el compartimento superficial, por el tríceps sural y en el profundo, de medial a lateral, por los músculos tibial posterior, flexor largo de los dedos y flexor largo del dedo gordo, a nivel del tercio distal de la pierna. El nervio plantar lateral inerva los músculos intrínsecos para el quinto dedo, ubicados en el compartimento plantar lateral. Mientras que el nervio plantar medial inerva a los músculos intrínsecos del dedo gordo, ubicados en el compartimento plantar medial. Los músculos del

compartimento plantar central están inervados por uno u otro nervio. Por este motivo, se puede considerar al nervio tibial como responsable de la flexión plantar del tobillo, la inversión del pie y la flexión digital. Su territorio sensitivo cubre prácticamente toda la región posterior de la pierna y plantar del pie (Sous Sánchez, 2011)

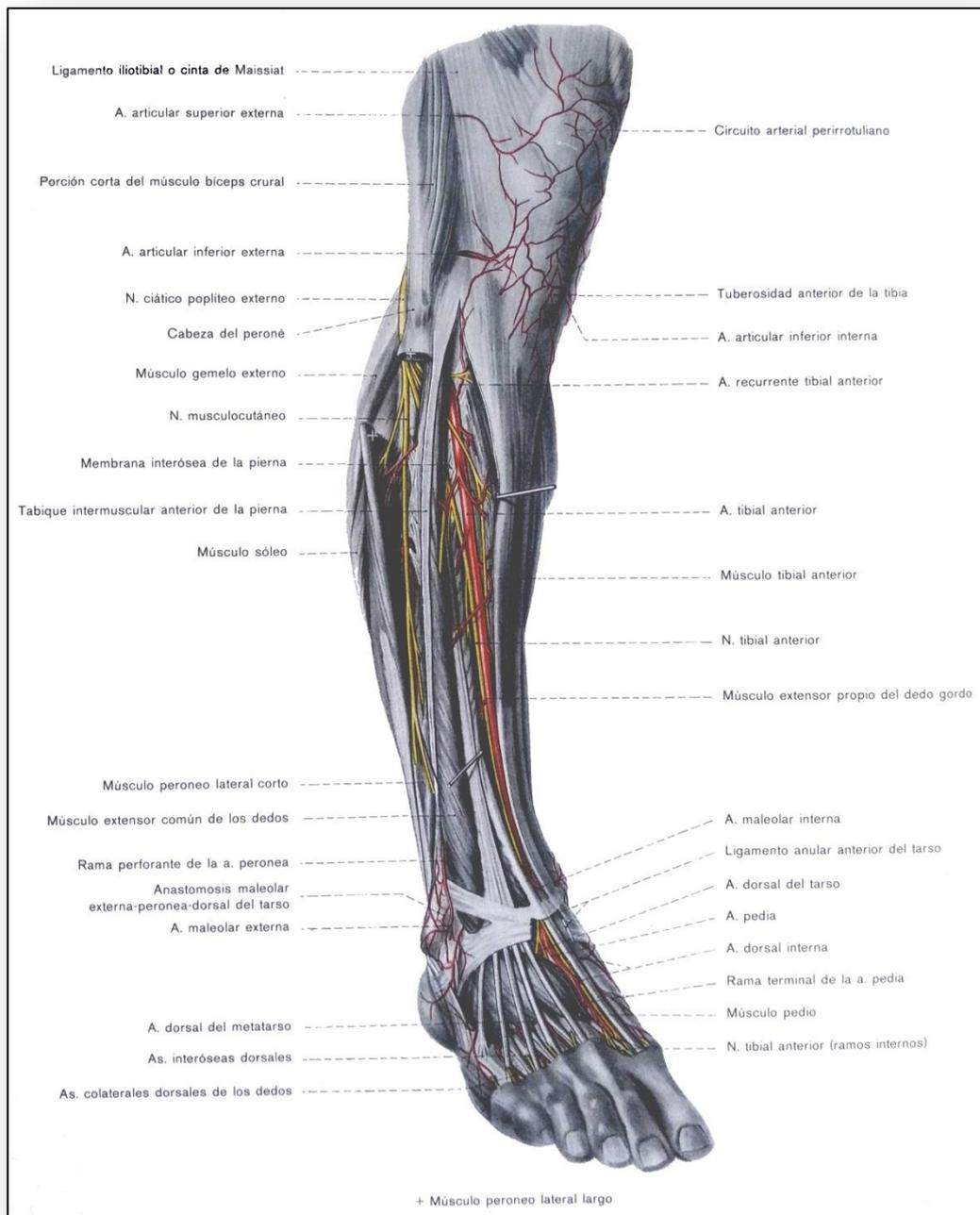


Fig. 9. Inervación y vascularización arterial profunda de la región anterior de la pierna y del dorso del pie (Wolf-Heidegger, 1972).

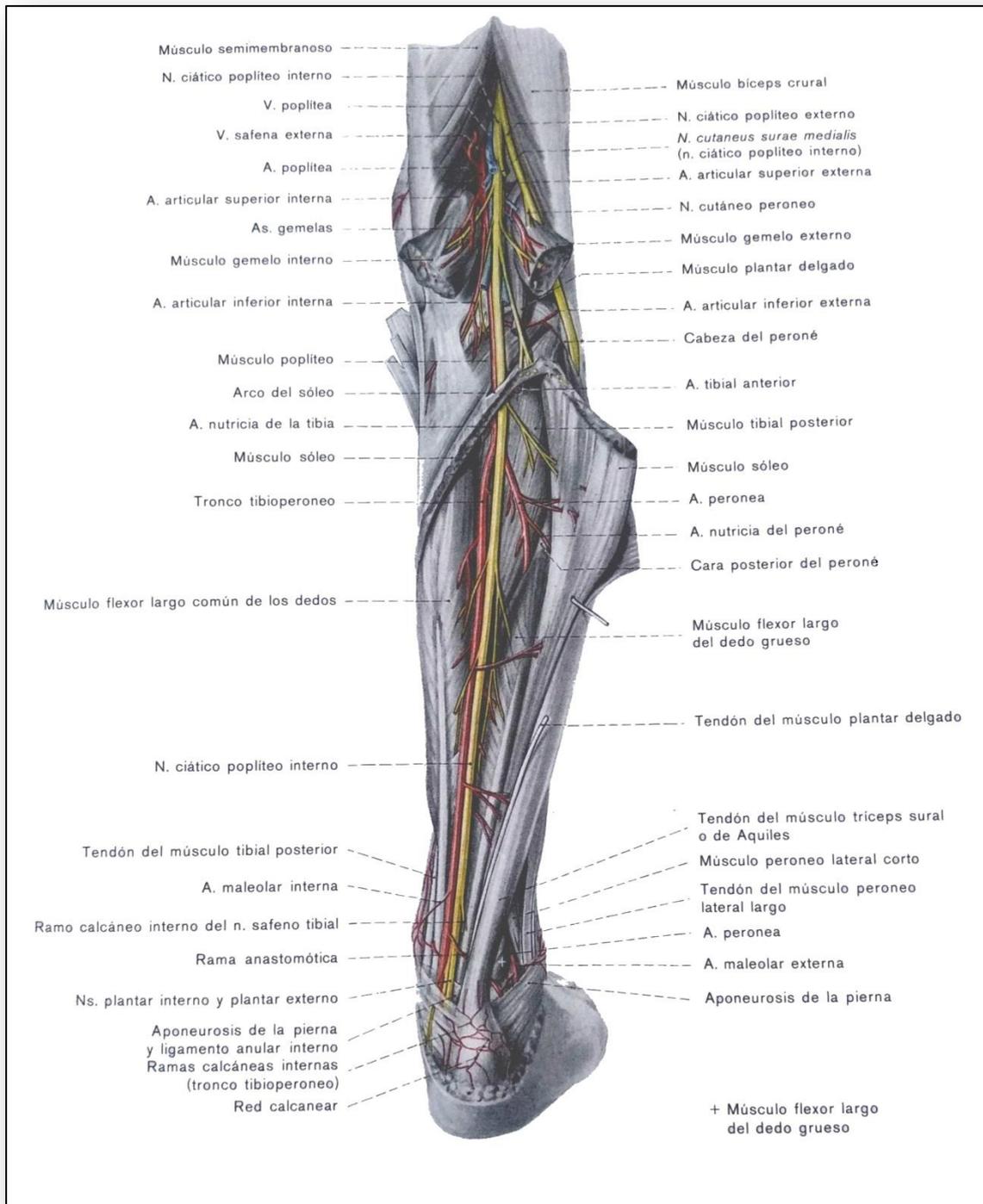


Fig. 10. Vascularización arterial e inervación profunda de la cara posterior de la pierna (Wolf-Heidegger, 1972).

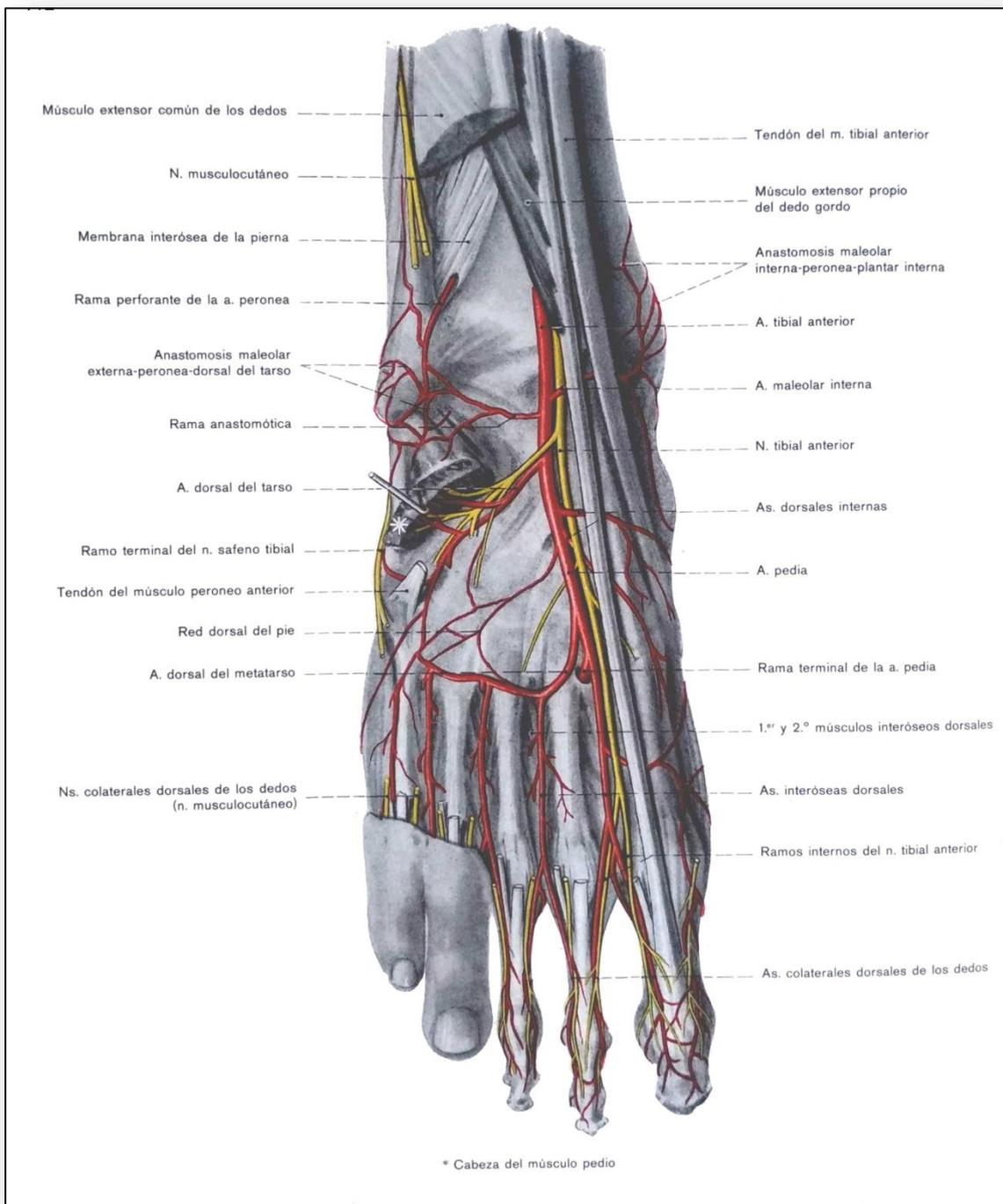


Fig. 11. Vascularización arterial e inervación profunda del dorso del pie (Wolf-Heidegger, 1972).

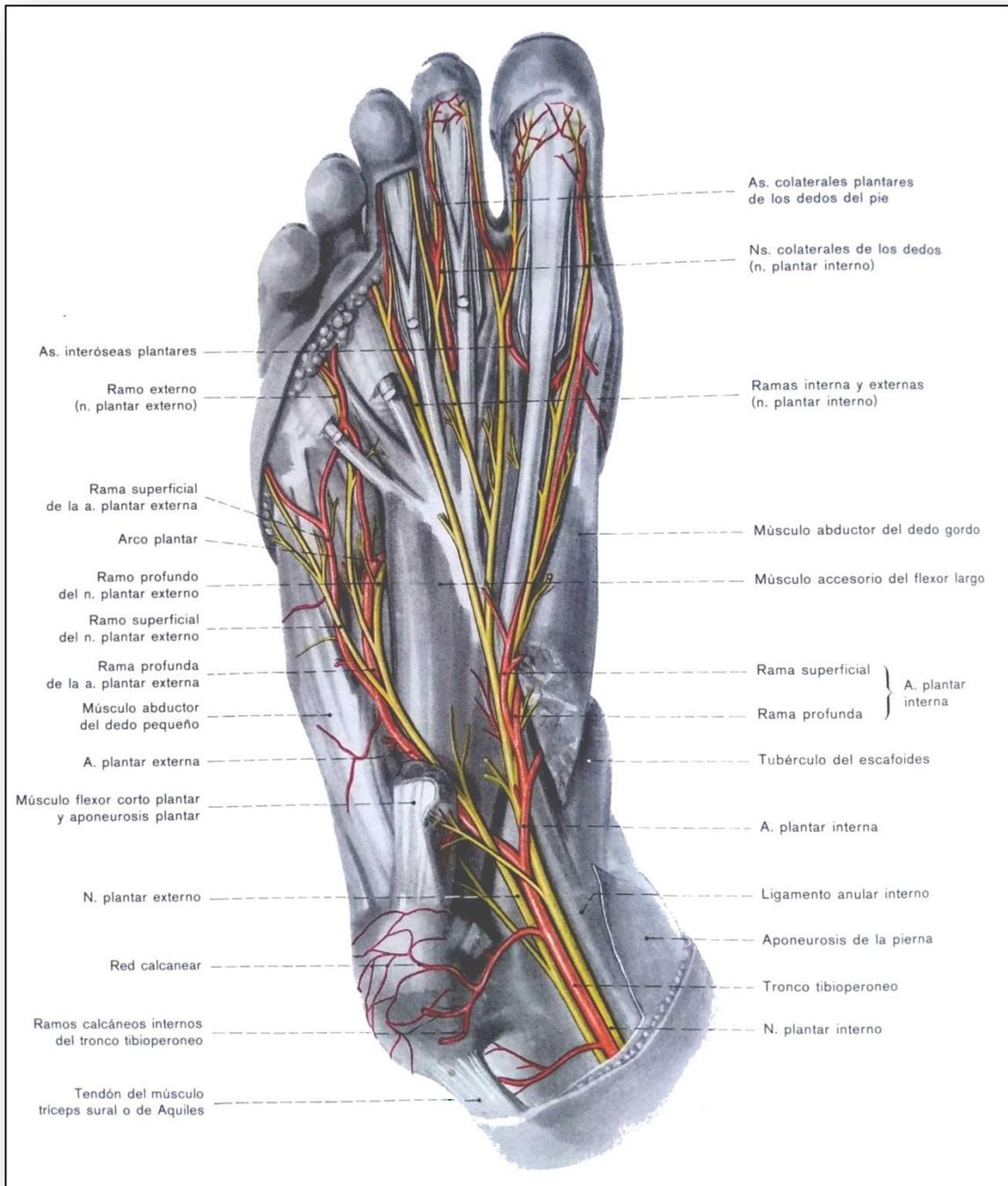


Fig. 12. Vascularización arterial e inervación de la región plantar del pie. El conducto maleolar ha sido abierto y los músculos del primer dedo y flexor corto de los dedos parcialmente extirpados (Wolf-Heidegger, 1972).

En la tabla IV se resumen las principales arterias y nervios de las diferentes articulaciones del pie.

TABLA IV. VASCULARIZACIÓN E INERVACIÓN ARTICULAR DEL PIE (Dalley, 2002)

Articulación	Vascularización	Inervación
Subastragalina (astrágalocalcánea)	Aa. tibial posterior y peroneal	
Astragalocalcaneoescafoidea	A. tibial anterior mediante A. lateral del tarso	Cara plantar: Nn. plantares medial o larteral; cara dorsal: N. peroneo profundo
Calcaneocuboidea	A. anterior de la tibia, a través de la A. lateral del tarso	
Tarsometatarsiana	A. lateral del tarso, rama de la A. dorsal del pie	Nn. Peroneo profundo, plantar medial y lateral y sural
Intermetatarsiana	A. metatarsiana lateral, rama de la A. dorsal del pie	
Metatarsofalángica	A. lateral del tarso, rama de la A. dorsal del pie	Nn. digitales
Interfalángica	Ramas digitales del arco plantar	

A. arteria; Aa. Arterias; N. nervio; Nn. nervios

2.2 ASPECTOS BIOMECÁNICOS

BIOMECÁNICA ARTICULAR Y MUSCULAR DEL PIE

El tobillo y el pie están íntimamente relacionados en su biomecánica articular. Los movimientos principales del tobillo son la flexión dorsal y la flexión plantar. Este último movimiento suele acompañarse de cierto grado de rotación, separación y aproximación del tobillo. Los músculos encargados de la flexión dorsal del tobillo son los correspondientes al compartimento anterior. La dorsiflexión suele limitarse parcialmente por la resistencia pasiva del tríceps sural al estiramiento y por la tensión de estructuras ligamentosas mediales y laterales. La musculatura del compartimento posterior se encarga de la flexión plantar (Dalley, 2002)

En la Tabla V (Dalley, 2002) se especifican los diferentes movimientos del tobillo y la musculatura extrínseca del pie implicada en cada movimiento.

TABLA V
BIOMECÁNICA DE LA MUSCULATURA EXTRÍNSECA DEL PIE

MOVIMIENTO	MÚSCULOS
Articulación talocrural	
Flexión dorsal	<i>Compartimento anterior</i> M. tibial anterior M. extensor largo de los dedos M. tercer peroneo M. extensor largo del dedo gordo
Flexión plantar	<i>Compartimento posterior</i> M. gastrocnemio M. plantar M. sóleo M. tibial posterior M. flexor largo del dedo gordo M. flexor largo de los dedos
Inversión	<i>Compartimento anterior y posterior</i> M. tibial anterior M. tibial posterior
Eversión	<i>Compartimento lateral</i> M. peroneo largo M. peroneo corto

A nivel del pie existen numerosas articulaciones y estructuras óseas, como se ha detallado con anterioridad. Las articulaciones intertarsianas más importantes son la articulación transversa del tarso (calcaneocuboidea y astragaloescafoidea) y la articulación subastragalina. La inversión y la eversión constituyen los movimientos fundamentales de estas articulaciones. El resto de articulaciones del pie son de un tamaño más reducido y se encuentran unidas por ligamentos, por lo que apenas tienen movimiento. Además, todos los huesos del pie se encuentran ensamblados por estructuras ligamentosas plantares y dorsales: ligamento calcaneoescafoideo plantar, ligamento plantar largo y ligamento calcaneocuboideo plantar entre otros (Dalley, 2002),

En las Tablas VI y VII (Dalley, 2002) se detallan los diferentes movimientos que realizan las diferentes articulaciones del pie así como la musculatura intrínseca implicada en cada movimiento específico.

TABLA VI. BIOMECÁNICA ARTICULAR

Articulación	Movimientos
Subastragalina (astragalocalcánea)	Inversión y eversión del pie
Astragalocalcaneoescafoidea	Movimientos de deslizamiento y rotación
Calcaneocuboidea	Inversión y eversión del pie
Tarsometatarsiana	Deslizamiento
Intermetatarsiana	Mínimo movimiento de cada hueso
Metatarsofalángica	Flexión, extensión y cierta separación, aproximación y circunducción
Interfalángica	Flexión y extensión falanges

TABLA VII
BIOMECÁNICA DE LA MUSCULATURA INTRÍNSECA DEL PIE*

MOVIMIENTO	MÚSCULOS
Articulaciones metatarsofalángicas	
Flexión	M. flexor corto de los dedos Mm. lumbricales Mm. interóseos M. flexor corto del dedo gordo M. flexor largo del dedo gordo M. flexor corto del dedo pequeño M. flexor largo de los dedos
Extensión	M. extensor largo del dedo gordo M. extensor largo de los dedos M. extensor corto de los dedos
Separación o abducción	M. abductor del dedo gordo M. abductor del dedo pequeño Mm. interóseos dorsales
Aproximación o aducción	M. aproximador del dedo gordo Mm. Interóseos plantares
Articulaciones interfalángicas	
Flexión	M. flexor largo del dedo gordo M. flexor largo de los dedos M. flexor corto de los dedos M. cuadrado plantar
Extensión	M. extensor largo del dedo gordo M. extensor largo de los dedos M. extensor corto de los dedos

*En **negrita** se indican los músculos principales responsables del movimiento; los demás actúan como músculos auxiliares.

BÓVEDA PLANTAR

El pie tiene una estructura fuerte para soportar el peso corporal, pero también posee la flexibilidad suficiente para absorber los golpes que recibe y actuar como muelle y suspensión para las diferentes actividades físicas. Todas estas características vienen definidas por la disposición de las diferentes estructuras óseas y ligamentosas; hay que tener en cuenta que los ligamentos del pie son especialmente robustos y tienen una importante función de soporte.

Existen dos arcos fundamentales en el pie, tal y como se muestra en la figura 13: el arco longitudinal y el transversal (Netter, 2001).

El arco transverso es consecuencia de la forma de los huesos más distales del tarso y de las bases de los metatarsianos. Éstas son más anchas a nivel dorsal, al unirse unas con otras otorgan esa configuración en bóveda.

El arco longitudinal se apoya posteriormente a la tuberosidad del calcáneo; anteriormente descansa en las cabezas de los huesos metatarsianos. Podemos distinguir dos arcos longitudinales o dos segmentos dentro del arco longitudinal:

- Arco longitudinal medial o segmento medial del arco longitudinal: el astrágalo sería la cúspide del pie y estaría íntimamente relacionado con el escafoides, las tres cuñas y los tres metatarsianos mediales. Se trata de un arco bastante elevado y elástico.

- Arco longitudinal lateral o segmento lateral del arco longitudinal: lateralmente el calcáneo se relaciona con el cuboides anteriormente y con los dos metatarsianos laterales. Este arco es más plano y rígido, además toma contacto con el suelo con el apoyo inicial del pie.

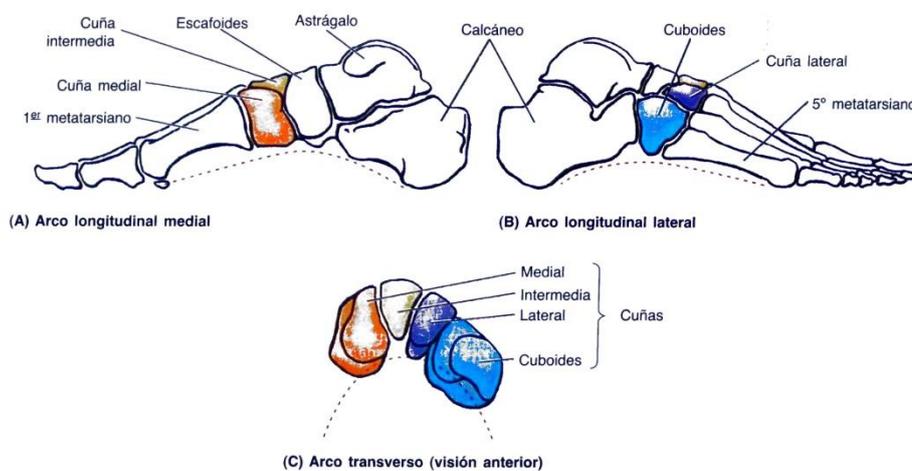


Fig. 13. Representación esquemática de los arcos del pie (Dalley, 2002).

MECANISMOS DE SOPORTE

El arco longitudinal del pie humano es una estructura mecánica compleja que debe ser flexible en superficies irregulares, y también tener suficiente rigidez para permitir al pie comportarse como un órgano propulsivo eficaz durante la marcha y la carrera. Se compone de

varias regiones que trabajan de forma conjunta en la distribución de cargas: la fascia plantar, los músculos plantares intrínsecos, los músculos plantares extrínsecos y los ligamentos plantares. Se han estudiado tres mecanismos diferentes de autoapoyo; según Dananberg en 1993, existe un “bloqueo” de la articulación calcaneocuboidea secundario a un «tensionamiento» de la fascia plantar, un “efecto de bloqueo de cuña y cercha” y el denominado mecanismo de windlass, que se pensaba que permitían al pie soportar el estrés que se le aplica durante la deambulación (Kirby, 2017).

La fascia plantar es responsable de elevar y estabilizar el arco durante la marcha a través del mecanismo de “windlass”. La dorsiflexión de los dedos de los pies que ocurre durante la última fase de apoyo de la marcha conduce a la contracción de la banda central de la fascia plantar acortando su longitud e incrementando la altura del arco longitudinal medial (figura 14) (Latt et al., 2020). Este mecanismo se describía en los trabajos de investigación clásicos de Hicks que mostraron que incrementando la fuerza tensional en la fascia plantar en condiciones de carga por medio de la flexión dorsal del hallux, el arco longitudinal aumentaba en lo que él llamó el «efecto windlass», tanto en pies vivos como en cadáveres (Hicks, 1954).

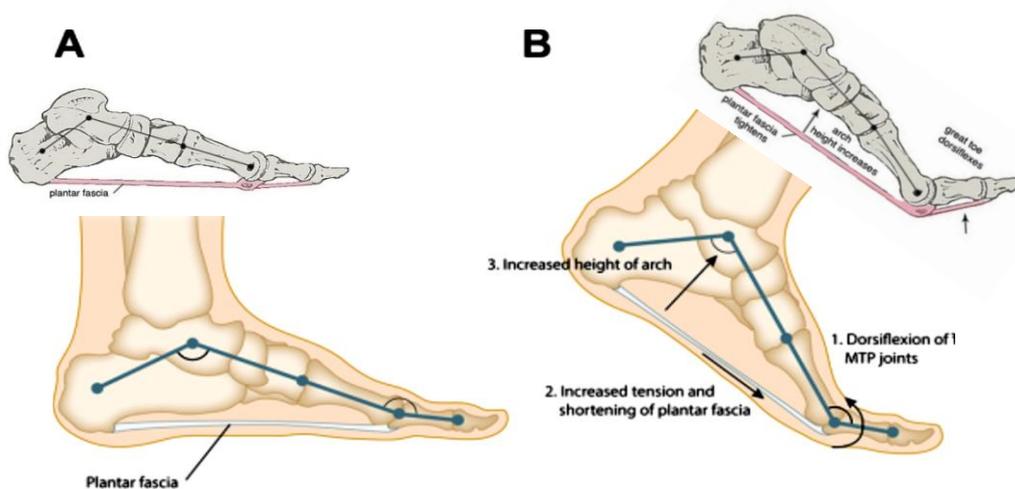


Fig. 14. A. La fascia plantar y el arco longitudinal forman una estructura de sostén. B. La dorsiflexión de los dedos de los pies durante la última fase de apoyo de la marcha pone en tensión la fascia plantar alrededor de las cabezas de los metatarsianos, lo que incrementa la altura y la estabilidad del arco longitudinal del pie, este efecto se conoce como el mecanismo “windlass” (Latt et al., 2020; Physiopedia, 2022).

Además existe otra función automática relevante del pie, descrita por Kirby en 2012, el denominado mecanismo de autorrigidez del arco longitudinal (figura 15). Este mecanismo permite el incremento automático de la rigidez del arco longitudinal en las diferentes fases de apoyo durante la marcha. Este mecanismo se debe una serie de factores (Kirby, 2017):

1) La disposición arqueada única de los diferentes elementos óseos que conforman el arco longitudinal.

2) La localización e inserción posterior del tendón de Aquiles que causa no solo un momento plantar-flexor de la articulación del tobillo, sino también un momento plantar-flexor del retropié que tiende a aplanar el arco longitudinal.

3) Las localizaciones plantares de la fascia plantar y de los ligamentos plantares, que extienden el arco longitudinal y resisten pasivamente el aplanamiento del arco longitudinal según las fuerzas reactivas del suelo aumentan en la zona plantar del antepié durante el apoyo medio.

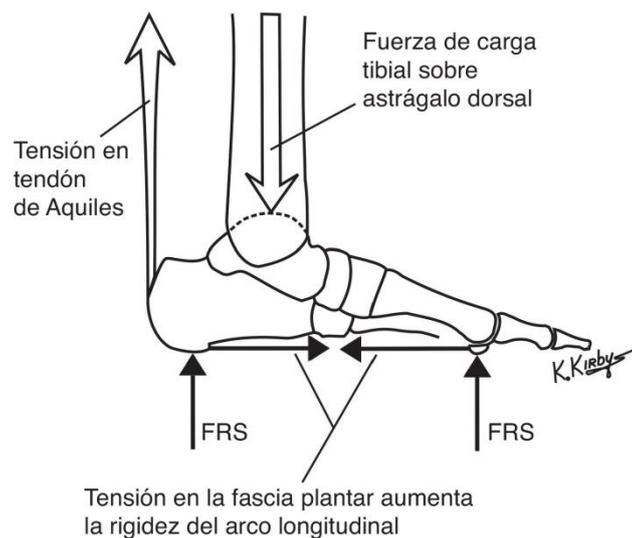


Fig. 15. La fascia plantar es una estructura pasiva y forma la capa más superficial de los elementos de soporte de carga tensional del arco longitudinal en el sistema de reparto de cargas (SRCAL). Se expande desde el tubérculo medial del calcáneo hasta las bases digitales y aumenta pasivamente su fuerza tensional cuando las fuerzas de reacción al suelo (FRS) actúan sobre la zona anterior plantar del pie, aumentando la rigidez del arco longitudinal. Al incrementarse las FRS en el antepié ocurre un incremento de fuerza desde la tibia sobre la cúpula astragalina dorsal, y un aumento de la fuerza tensional a nivel del tendón de Aquiles durante la marcha y la carrera (Kirby, 2017).

Juntos, los diferentes elementos que componen el sistema de reparto de cargas del arco longitudinal aseguran el funcionamiento del arco longitudinal en carga, incluso cuando alguno de estos componentes sufre algún tipo de lesión (Kirby, 2017).

2.3 FASCITIS PLANTAR

HISTORIA Y GENERALIDADES

La FP fue descrita en 1812 por Wood, quien la atribuyó a una patología relacionada con la tuberculosis. Cuando se desacreditaron las teorías infecciosas, en 1957 se pensó que el origen de esta patología se debía al atrapamiento de la fascia debido a la presencia de un espolón calcáneo (Neufeld and Cerrato, 2008; Lozano, 2013).

Posteriormente se pensó que la aparición del espolón calcáneo se debía a la tracción continuada de la fascia, con lo que se descartó que la causa fuera el propio espolón (Neufeld and Cerrato, 2008; Lozano, 2013).

Actualmente, el mecanismo etiológico más aceptado de la FP, como expondré más adelante, es la consecuencia de microtraumas de repetición en la inserción de la fascia, siendo más probable con mayor edad, ya que a partir de los 40 años la capa de grasa que recubre el calcáneo empieza un proceso de atrofia y deshidratación, junto con una pérdida de colágeno y tejido elástico, disminuyendo la capacidad de absorber los impactos (Neufeld and Cerrato, 2008; Lozano, 2013).

EPIDEMIOLOGÍA

La fascitis plantar (FP) es la causa más común de dolor a nivel de la almohadilla talar; se estima que un 10% de la población general podría verse afectada por esta patología en algún momento de su vida (Crawford and Thomson, 2003).

Su diagnóstico es fundamentalmente clínico y los casos analizados anatomopatológicamente, revelan un predominio del componente degenerativo sobre el inflamatorio. Para enfatizar este hecho, en la literatura se utilizan otras nomenclaturas como: fasciosis plantar, fasciopatía plantar o talalgia. Sin embargo, numerosos estudios, revisiones y guías de práctica clínica abogan por el uso del término clínico “fascitis plantar” (FP), por lo que será el utilizado a lo largo de esta memoria (Dunning et al., 2018).

La prevalencia de esta patología en la consulta de Rehabilitación es elevada y afecta con mayor frecuencia a la población entre 40 y 60 años de edad, presentándose de forma bilateral hasta en un tercio de los casos (Vaamonde-Lorenzo L, 2019). En los adultos, la incidencia en las mujeres es de aproximadamente el doble que en los hombres, aunque en la juventud la incidencia es similar en ambos géneros. El rango de edad de aparición de FP en el contexto de espondilitis anquilopoyética se encuentra entre los 20 y los 40 años. Además la FP es una entidad que tiende a ser recidivante con frecuencia (Mendoza Latorre, 2013).

ETIOLOGÍA Y FACTORES DE RIESGO

La etiología de la FP es multifactorial; si bien, la causa más frecuente es el estrés biomecánico sobre la fascia plantar, a nivel de su inserción en la tuberosidad medial del calcáneo. Este componente mecánico, que no solo es localizado sino un resultado de alteraciones en el sistema aquíleo-calcáneo-plantar, puede desencadenarse por la carga de peso prolongada, la obesidad, la contractura de la musculatura posterior de la pierna, por patrones de deambulación o carrera anómalos y por la limitación de la flexión dorsal del tobillo (Chen et al., 2018).

Aunque la fisiopatología de la FP no está claramente definida, existen numerosos factores de riesgo que podrían contribuir a su aparición (Monteagudo et al., 2018). Los más destacables se exponen a continuación (Trojian and Tucker, 2019):

- Edad: existe literatura que asocia la FP con el incremento de la edad (Scher et al., 2009; Beeson, 2014). Parece que los atletas mayores sufren esta patología con más frecuencia que los atletas más jóvenes (Petraglia et al., 2017). Los cambios degenerativos relacionados con la edad podrían causar una disminución de la elasticidad y de la capacidad de absorción de impactos, lo que haría que la fascia plantar fuese más propensa a sufrir lesiones (Baudet, 2012). La asociación de la FP con el aumento de la edad es consistente con los hallazgos histopatológicos de cambios degenerativos, más que inflamatorios, dentro de la fascia plantar (Crawford and Thomson, 2003).

- Género: aparentemente el género no es un factor de riesgo de FP; no existen diferencias en cuanto a la prevalencia de esta enfermedad entre hombres y mujeres (Beeson, 2014). Según M.J. Granado et al. el grosor de la fascia plantar es similar en hombres y mujeres sanos, sin embargo, cuando se desarrolla la FP, el incremento en el grosor de la fascia es más acusado en los hombres que en las mujeres (Granado et al., 2019).
- Índice de masa corporal (IMC): varios estudios han correlacionado el peso corporal como una de las causas del dolor subcalcáneo, observando una alta incidencia de dicho dolor entre pacientes obesos o con sobrepeso (Prichasuk, 1994; Gill and Kiebzak, 1996). La clasificación estándar de la OMS sobre la obesidad y el sobrepeso en adultos utilizando los valores del IMC es la siguiente: un valor de IMC entre 25.0 y 29.9 kg/m² se considera sobrepeso; un IMC de 30.0 kg/m² o superior, se define como obesidad. Las patologías inflamatorias tendinosas, articulares y la FP suelen aparecer por sobrepeso y aumento del estrés de las articulaciones y tejidos blandos, lo que puede verse directamente afectado por el incremento ponderal (Frey and Zamora, 2007). Los pacientes con sobrepeso u obesidad tienen un 1,4% más de probabilidad de padecer FP (Monteagudo et al., 2018). Esta idea también fue reforzada por Riddle et al, que describieron que los individuos con un IMC > 30 kg /m² tenían un OR de 5,6 (intervalo de confianza del 95%, 1,9 a 16,6) en comparación con el grupo de referencia de individuos que tenían un IMC de ≤ 25 kg/m², siendo el IMC alto el factor más contribuyente en pacientes no deportistas (Riddle et al., 2003). En contraste, Rome et al, sugirieron que el IMC no estaba relacionado con el dolor de la FP en la población atlética, pero otros factores, como los bajos niveles de estrógenos en las atletas que conducen a una reducción en la elasticidad del colágeno, podrían predisponer a estas pacientes a padecer esta enfermedad (Rome et al., 2002).
- Actividad deportiva de impacto (salto o carrera): la FP se asocia con una gran variedad de deportes pero principalmente ocurre en corredores recreativos y atletas (incidencia del 5-10%) (Petraglia et al. 2017). Aunque la FP resulta muy frecuente en la población general, es especialmente prevalente en los deportistas, sobre todo en aquellos en los que correr es

una actividad habitual. Ocasiona alrededor del 12 % de las consultas realizadas por síntomas relacionados con la actividad deportiva (Tong and Furia, 2010).

- Tensión muscular intrínseca del pie y del tríceps sural: se postula que la contractura del tríceps sural aumenta la tensión del tendón de Aquiles y limita la dorsiflexión del tobillo. Esto podría interferir con el mecanismo de *windlass* y contribuir al incremento de la tensión en la fascia plantar y en la inserción de la misma en la tuberosidad del calcáneo (Arshad et al., 2022).
- Limitación de la flexión dorsal del tobillo: el riesgo de FP aumenta a medida que disminuye el rango de dorsiflexión del tobillo y parece ser el factor de riesgo más importante. Además, la reducción de la dorsiflexión del tobillo, la obesidad y la carga de peso relacionada con el trabajo, parecen ser factores de riesgo independientes para la FP (Riddle et al., 2003).
- Dismetría de extremidades inferiores: afecta entre un 40-70% de la población. Se entiende por dismetría (ósea) la discrepancia en la longitud de las extremidades o anisomelia, bien sea por exceso (hipermetría) o por defecto (hipometría). Normalmente no tienen relevancia clínica las discrepancias mínimas (inferiores a 1cm) presentes en un 75% de la población, mientras que las dismetrias superiores a 1cm pueden repercutir funcional y estéticamente en la marcha. Las dismetrias de las extremidades inferiores son las más comúnmente tratadas, por su repercusión en el raquis lumbar (escoliosis), en la articulación de la cadera, la alteración marcha y la apariencia asimétrica por genu flexo (extremidad larga), deambulacion de puntillas (extremidad corta) y basculación pélvica. Dependiendo del tipo de dismetria se deben usar alzas para el talón, ortesis de talón y pie, prótesis de extensión u otros tratamientos. No obstante, hay que tener en cuenta que alzas >2cm repercutirán en la estática del raquis, la deambulacion, la sobrecarga articular, la actividad laboral y la deportiva. (Isart Torruella, 2014). La FP puede aparecer tanto en la extremidad corta como en la larga. La extremidad corta intentará acercarse al suelo mediante un equinismo y

la larga intentará acortarse mediante la pronación de la articulación subastragalina (Rodríguez et al., 2007).

- Ocupaciones que requieren bipedestación o deambulación prolongadas: al estar continuamente de pie y en un sitio fijo, como puede ser el caso de personas que trabajan de cajeros de supermercado, en fábricas, cadenas de montaje o almacenes de alimentación, por ejemplo, lo fundamental es que permanecen en una posición de constante apoyo en el pie, cargando de forma generalizada en los mismos puntos de presión a nivel plantar. En el caso de las personas que trabajan como dependientes de tiendas, guardas de seguridad o repartidores, por ejemplo, caminan de forma continuada a lo largo de la jornada, por lo que el impacto repetitivo del talón contra el suelo y la hiperextensión fascial podría contribuir a la aparición de FP.
- Pies cavo: también puede ser causa de FP. Esta patología estructural del pie se caracteriza fundamentalmente por un aumento de los arcos longitudinales (interno/externo) y una retracción importante de los músculos extensores. El desequilibrio de los extensores con respecto a los flexores del mismo pie unido a la alteración de la bóveda, produce una garra digital que feruliza la articulación metatarsfalángica en extensión, lo que aumenta la tensión directa de la fascia plantar y predispone a su inflamación (Valmassy, 1996; Fuente, 2005).
- Pie plano (con exceso de pronación del pie): el pie plano adquirido del adulto es una deformidad uni o bilateral del pie, que cursa con una pérdida progresiva del arco plantar longitudinal medial. Su etiología es multifactorial. La fascia plantar es el estabilizador más importante del arco plantar, y el músculo tibial posterior con su tendón son los estabilizadores dinámicos principales; la disfunción del tibial posterior junto con la contractura del tríceps sural contribuyen al colapso del arco longitudinal medial del pie (Heckel, 2022).
- Sedentarismo: comúnmente el sedentarismo y el sobrepeso guardan una estrecha relación, potenciándose mutuamente como factores de riesgo de la enfermedad, pero al mismo

tiempo funcionan como factores independientes. Por ejemplo, Riddle et al, encontraron que no realizar ejercicio regular suponía un riesgo de 3 a 4 veces mayor de FP (OR 3.6, IC 95% 1,6 a 8,2) (Riddle et al., 2003). En contraposición, Rano et al. (2001), observaron que la actividad física 3 veces por semana durante >20 minutos se asoció con un riesgo reducido de FP (OR 0,33, IC 95% 0,14 a 0,74).

PATOGENIA

La FP es el resultado de la irritación degenerativa de la fascia plantar en su origen en la tuberosidad medial del calcáneo así como de las estructuras perifasciales adyacentes.

La fascia plantar juega un papel importante en la biomecánica del pie y se compone de tres segmentos con una inserción común a nivel del calcáneo. Por sí misma es importante para dar soporte al arco plantar así como para la absorción de los golpes. A pesar de que el diagnóstico contiene el sufijo “itis”, esta patología se caracteriza frecuentemente por la ausencia de células inflamatorias (Buchanan and Kushner, 2022).

La FP aparece por un exceso de actividad biomecánica que deriva en cambios degenerativos a nivel de la inserción de la fascia en el calcáneo. El examen histológico de muestras tomadas de pacientes sometidos a cirugía de liberación de la fascia plantar muestra degeneración mixoide con fragmentación y degeneración de la fascia plantar y ectasia vascular de la médula ósea (figura 16). Estos hallazgos respaldan que la condición se trata de una fasciosis degenerativa sin inflamación, no una fascitis. (La Porta and La Fata, 2005). Aunque el término más habitualmente empleado es “*fascitis*” realmente se debería de hablar de “*fasciosis*” o “*fasciopatía*” dada su etiopatogenia.

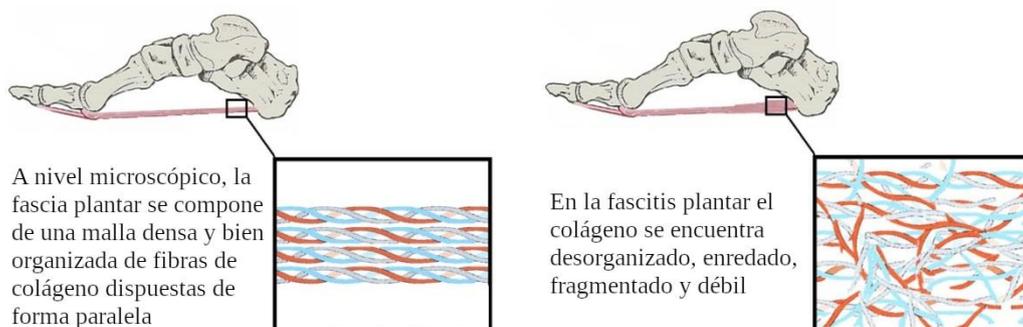


Fig. 16. Esquema histológico de la fascia plantar normal y patológica. Traducido y adaptado desde Ankle and centre (2022).

DIAGNÓSTICO

La evaluación de un paciente con dolor en el talón debe comenzar con una historia clínica dirigida y enfocada para obtener datos acerca del inicio, el carácter, la ubicación e intensidad del dolor. Típicamente, los pacientes reportan un dolor sordo o punzante, que se localiza en el área alrededor del origen de la fascia plantar en el calcáneo. Este dolor suele empeorar con el primer paso de la mañana y al levantarse de sedestación. A menudo mejora con la actividad, pero luego empeora a medida que ésta se prolonga. Ante un paciente que presenta hallazgos clínicos atípicos, el médico debe profundizar en el estudio de la talalgia en busca de otras causas de dolor en el talón.

HISTORIA CLÍNICA

En la FP el dolor es típicamente más intenso en la mañana, con los primeros pasos y/o después de un descanso prolongado y se agrava por la carga de peso continuada. Inicialmente suele ser intermitente y punzante y progresa hasta hacerse persistente en el talón, dificultando la deambulación (Yi et al., 2011).

Frecuentemente la clínica de FP aparece de forma gradual, el dolor tiende a disminuir con la actividad pero suele incrementarse nuevamente al final de la jornada (Gill and Kiebzak, 1996).

En algunos pacientes el dolor aumenta al caminar descalzo, sobre superficies duras o al subir escaleras. (Klein et al., 2012).

El dolor suele irradiarse y es poco frecuente que se asocie a parestesias nerviosas (Wolgin et al., 1994). Ocasionalmente, cursa con rigidez a nivel del pie y de la cadena muscular posterior del miembro afectado (Bolívar et al., 2013).

Es frecuente que aparezcan síntomas de FP en caso de aumento o modificación de hábitos deportivos (terreno de entrenamiento), así como cambios de calzado (zapatos planos, con reducida sujeción del tobillo o baja amortiguación del talón) o traumatismos en la zona (Goff and Crawford, 2011).

Por todo ello, es fundamental preguntar en la anamnesis sobre la actividad deportiva y laboral, dado que, en ocasiones, podrían tener relación con el inicio de la clínica en estos pacientes.

EXPLORACIÓN FÍSICA

Resulta fundamental realizar una minuciosa anamnesis así como una exploración física completa para poder llegar a un diagnóstico certero de FP.

El examen físico de los pacientes con dolor en el talón debe centrarse en la ubicación precisa del mismo. También es importante evaluar la tensión de la fascia plantar en todo su recorrido, prestando especial atención a la zona de inserción calcánea.

La exploración comienza desde que el paciente entra en nuestra consulta y se ha de seguir una sistemática, tal y como se expone a continuación:

INSPECCIÓN:

Cuando el paciente entra en nuestra consulta, hemos de evaluar su forma de caminar, en busca de anomalías en las diferentes fases del ciclo de la marcha o patrones de marcha antiálgicos. Es importante valorar la marcha descalzo y calzado, así como prestar atención al tipo de zapato que utiliza, ya que los calzados excesivamente planos o con escasa amortiguación a nivel del talón, pueden ser factores favorecedores de la aparición de dolor.

Hemos de valorar la morfología del tobillo y del pie, identificar posibles anomalías de la piel o tejidos blandos adyacentes (p.ej. verrugas plantares) así como deformidades articulares del tobillo y del pie (p.ej. hallux valgus, dedos en martillo, etc.).

Hay que descartar la presencia de signos inflamatorios o infecciosos activos (calor, rubor, edematización, etc.) ya que orientan a otro tipo de patología distinta a la FP (fracturas, infecciones, lesiones músculo-tendinosas agudas o ruptura de la fascia). Debemos inspeccionar los diferentes relieves óseos correspondientes al tobillo y pie (anatomía de superficie) así como la alineación del retropié en bipedestación y la parte media del pie, ya que pacientes con el pie

cavo o plano, como se ha explicado anteriormente, tienen una mayor predisposición para padecer FP.

PALPACIÓN:

El punto fundamental que se debe palpar es la región fascial en su zona de inserción a nivel del calcáneo. Es en ese punto donde habitualmente se reproduce el dolor en el paciente. Sin embargo, también debemos palpar las diferentes bandas de la fascia plantar a lo largo de su recorrido hacia las cabezas de los metatarsianos en busca de puntos dolorosos y zonas de mayor tensión (figura 17).



Fig. 17. Localización por palpación de la zona dolorosa en la FP.

Además se deben palpar las prominencias óseas y los recorridos y puntos de inserción tendinosos para valorar la sensibilidad y descartar otras patologías como posibles entesitis o tendinitis del músculo tibial posterior, tibial anterior o peroneo lateral largo que pueden producir dolor en la zona medial del mediopié. Se recomienda explorar el músculo flexor corto de los dedos y el abductor del hallux ya que una miositis de sus vientres musculares podría ser

interpretada como un dolor con origen en la fascia al tener una localización cercana (Martínez Jiménez and Díaz Velázquez, 2010).

En ocasiones aparecen nódulos palpables en la fascia como resultado de su lesión repetida que ha curado con cicatrices. Estos fibromas pueden llegar a tener un tamaño grande, y por lo tanto, resultan muy incómodos en carga (Bartold, 2004; Hossain M, 2011).

Cuando ocurre una rotura de la fascia plantar, puede ser evidente un defecto palpable en la tuberosidad del calcáneo, junto con hinchazón y equímosis localizadas (Rosenbaum et al., 2014).

No es infrecuente que aparezca un dolor de tipo neuropático, que se irradia a nivel distal con parestesias (sensación de hormigueo, acorchamiento o quemazón), que orientaría hacia un diagnóstico neurológico que podría darse de manera aislada o conjuntamente con la FP (Hoebeke, 2008; Toomey, 2009; Thomas JL, 2010).

MANIOBRAS ESPECÍFICAS:

- a) Test de Silverskiold: es una prueba que explora en decúbito supino el grado de dorsiflexión del tobillo en dos posiciones de prueba: con rodilla extendida y flexionada (figura 18). En ambas, la exploración se realiza con las articulaciones del retropié mantenidas en una posición reducida, para bloquearlas y evitar errores de medición. El test compara los resultados alcanzados en ambas posiciones, y como describieron Patel and DiGiovanni (2011), se considera que el test es positivo “para la restricción aislada de gemelos” cuando aparece una limitación importante de la dorsiflexión en extensión de rodilla, que se corrige con flexión de la rodilla a 90 grados. Según estos autores, el test también se puede considerar positivo “para la restricción del complejo gastro-sóleo” o por un problema articular cuando se presenta una limitación de la dorsiflexión tanto con rodilla extendida como flexionada.



Fig. 18. Test de Silverskiold: valoración de la dorsiflexión del tobillo. A: con la rodilla en extensión. B: con la rodilla en flexión. (García-Vidal et al., 2019)

- b) Dorsiflexión pasiva de los dedos del pie: incrementa el dolor al provocar un estiramiento de toda la fascia plantar (Rosenbaum et al., 2014).
- c) Tinel: el síndrome del túnel tarsiano es una neuropatía por compresión que afecta al nervio tibial posterior a medida que atraviesa el túnel. La percusión del nervio dentro del túnel del tarso, así como la dorsiflexión y la eversión simultáneas, pueden reproducir los síntomas, que incluyen dolor y entumecimiento que se irradian al talón. Los hallazgos observados con la FP suelen ser similares. Sin embargo, a diferencia del síndrome del túnel tarsiano, los pacientes con FP tendrán dolor con la dorsiflexión pasiva de los dedos del pie. Los pacientes también pueden presentar atrapamiento de la primera rama del nervio plantar lateral (nervio de Baxter). Debido a su proximidad al tubérculo del calcáneo medial, por lo general se presenta con FP y es difícil de distinguir (Rosenbaum et al., 2014).
- d) Prueba de compresión del calcáneo: esta prueba resulta de utilidad para descartar una fractura por estrés del calcáneo, en ella al ejercer una compresión medial y lateral del talón se provoca una talalgia difusa que además puede acompañarse de inflamación y calor local, véase figura 19 (Rosenbaum et al., 2014).



Fig. 19. En la prueba de compresión del calcáneo, los dedos del examinador se entrelazan, las eminencias tenar o hipotenar se aprietan juntas comprimiendo la tuberosidad posterior del calcáneo. La prueba es positiva si provoca dolor en el paciente y resulta más doloroso que presionar en la inserción de la fascia plantar. (Rosenbaum et al. 2014)

PRUEBAS DE MEDICIÓN DE EXCESO DE PRONACIÓN DEL PIE

- a) “Navicular drop” o descenso del escafoides: es una prueba que sirve para conocer el descenso del escafoides, midiendo la diferencia en milímetros entre la posición del hueso navicular cuando la articulación subastragalina está neutra, y la posición del escafoides cuando el pie se encuentra en posición relajada, marcándola en una tarjeta o cartulina (figura 20). Es anormal cuando mide más de 10mm (Peláez Menacho et al., 2016).

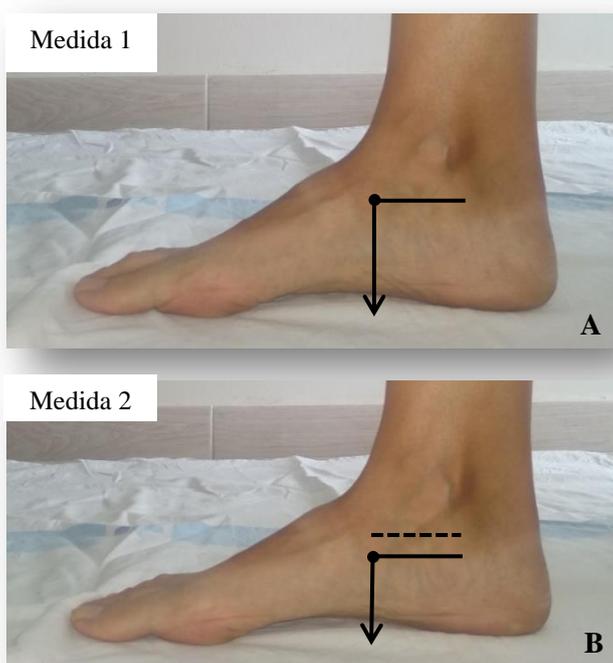


Fig. 20. **A. Medida 1:** medición de la vertical desde la tuberosidad del escafoides (punto negro) hasta el suelo con la articulación subastragalina en posición neutra (flecha vertical descendente). **B. Medida 2:** medición de la caída del escafoides en carga relajada en milímetros (distancia entre línea punteada y línea continua horizontal).

Se utiliza como medida representativa de la pronación del pie y se asocia con el movimiento de la 1ª articulación metatarsofalángica. En el estudio de Paton (2006), respaldaron la teoría de que la pronación excesiva, con colapso del arco longitudinal medial, resultaba en un incremento de la tensión de la fascia plantar e incrementaba las fuerzas dorsiflexoras bajo la cabeza metatarsal reduciendo la capacidad del hallux para dorsiflexionarse.

- b) “Arch Index”: representa el ratio del área del tercio medio de la huella plantar en relación al área total excluyendo los dedos (figura 21). Fue desarrollada por Cavanagh y Rogers en 1987 y actualmente cuenta con una alta fiabilidad y correlación con el test de descenso del escafoides. Un ratio alto indica un pie que presenta una posición de descenso de los arcos (Menz et al., 2012).

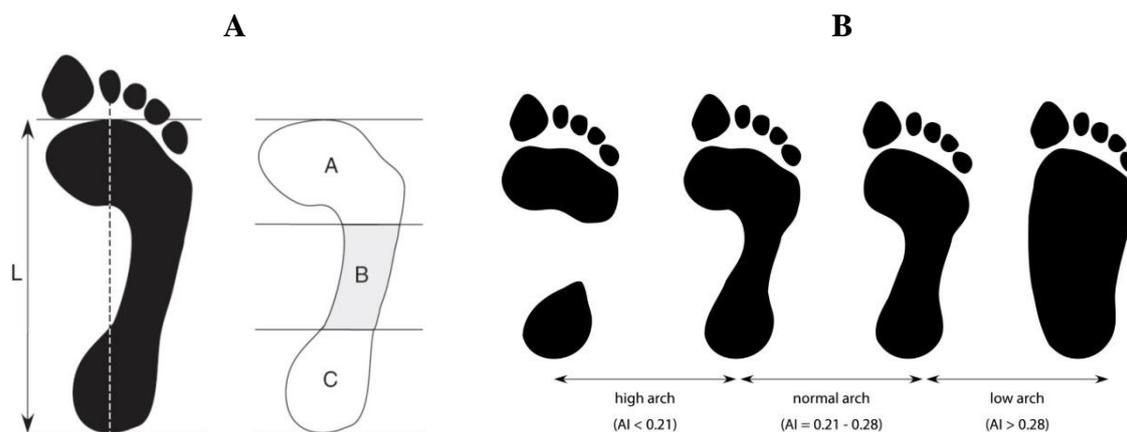


Fig. 21. Arch Index: A: la longitud de la huella plantar (excluyendo los dedos) se divide en tercios iguales para dar tres regiones: A: antepié; B: mediopié; y C: retropié. El índice se calcula dividiendo la región del mediopié (B) entre el área total de la huella (es decir, el Arch Index = $B/[A+B+C]$) (Murley et al., 2009). B: herramienta de categorización visual del Arch Index (Menz et al., 2012).

- c) “Foot Posture Index” (FPI): se emplea como una herramienta clínica de diagnóstico que valora la postura del pie en carga en los 3 planos del espacio (Peláez Menacho et al., 2016).

Este índice está compuesto por seis criterios individuales que se someten a una escala de cinco valores (de -2 a + 2). Los valores más negativos indican una posición del pie más supinada, mientras que los más positivos indican una posición del pie más pronada. Las puntuaciones del FPI están compuestas finalmente por

valores entre -12 y $+12$ estableciéndose los siguientes criterios de clasificación (Terada et al., 2014):

- Postura de alta pronación: +10 puntos a +12.
- Postura de pronación: +6 a +9 puntos.
- Postura normal o neutra: 0 a +5 puntos.
- Postura de supinación: -4 a -1 puntos.
- Postura de alta supinación: -5 a -12 puntos.

PRUEBAS COMPLEMENTARIAS

Aunque el diagnóstico de la FP es fundamentalmente clínico, en determinados casos es necesario solicitar pruebas complementarias para llegar a un diagnóstico certero. Su finalidad fundamental es descartar otras patologías incluidas dentro del diagnóstico diferencial de la FP. También resultan de gran utilidad en pacientes que presentan una sintomatología atípica y en casos refractarios al tratamiento conservador establecido.

Las principales pruebas complementarias para el diagnóstico de FP se exponen a continuación:

RADIOGRAFÍA SIMPLE:

Las radiografías simples (Rx), como se ha relatado con anterioridad, no son necesarias para el diagnóstico de la FP pero pueden resultar útiles para descartar otras causas de dolor plantar del talón si la condición no responde adecuadamente al tratamiento o en caso de sospecha de posible patología ósea (Michelsson et al., 2005). Puede mostrar lesiones óseas del pie como tumores óseos o fracturas. También puede poner de manifiesto la presencia de espolón calcáneo en la proyección lateral (figura 22). Esta anomalía ósea indica que la fascia plantar ha estado sometida a un estrés excesivo durante un período de tiempo prolongado (Thomas JL, 2010) y no respalda el diagnóstico de FP, ya que diversos estudios muestran que los espolones calcáneos también se encuentran en pacientes sin clínica de FP (Goff and Crawford, 2011).



Fig. 22. Radiografía simple de pie, proyección lateral. Se señala la presencia de espolón calcáneo (*flecha*).

Las radiografías en carga pueden ser de ayuda a la hora de analizar alteraciones biomecánicas que pueden favorecer la aparición de la FP. En la radiografía simple, la fascia se puede ver entre las capas de grasa que la rodean, pero su estructura interna no está definida (Jeswani et al., 2009).

ECOGRAFÍA:

Es una técnica de imagen que utiliza los ultrasonidos (US) para visualizar las diferentes estructuras del cuerpo humano. Es una prueba inocua, no invasiva, de bajo coste y accesible para la mayoría de las consultas de aparato locomotor. Permite estudiar los tejidos (tendones, ligamentos, músculos, huesos, etc.) proporcionando una visión a tiempo real que ayuda a relacionar la clínica del paciente con datos objetivos, resultando muy útil para confirmar o descartar el diagnóstico inicial de sospecha.

El aspecto ecográfico de la fascia plantar (figura 23) es similar al que presentan otros ligamentos: fibrilar hiperecoico, laminar y de bordes paralelos; suele tener un grosor de 3-4 mm en su inserción calcánea, medido en corte longitudinal. La inserción en la tuberosidad calcánea de la fascia puede aparecer hipoeicoica por efecto de la anisotropía, debido a que las fibras tendinosas adquieren una trayectoria curva en ese punto. El tercio posterior de la fascia es el que se ve afectado en la mayoría de los pacientes, cerca de su inserción en el tubérculo interno del calcáneo. Los principales signos patológicos son un engrosamiento de la fascia (mayor o igual a 5 mm³) y una ecotextura relativamente hipoeogénica debida al edema interfibrilar. También pueden observarse los bordes fasciales convexos y la pérdida de definición de los mismos, siendo infrecuente el edema perifascial (Sáez Moreno, 2021).

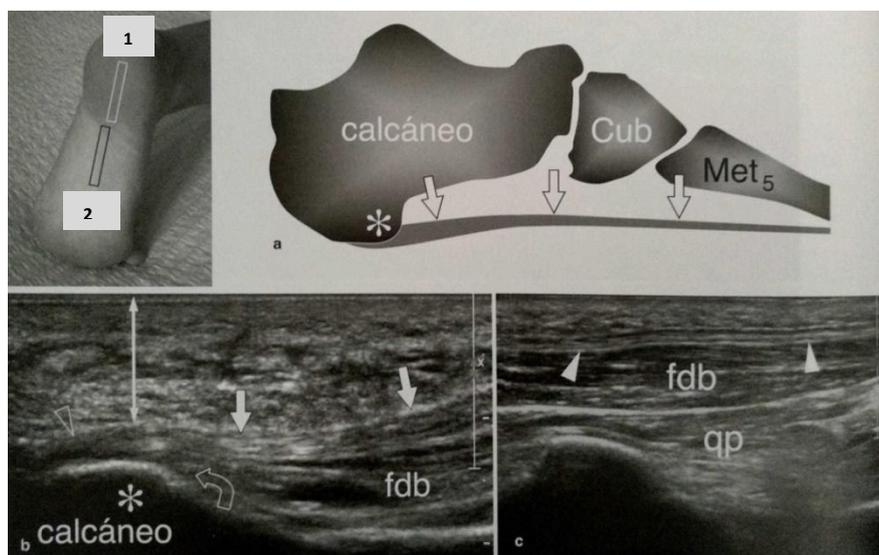


Fig. 23. Fascia plantar: exploración ecográfica. **a)** dibujo esquemático de un corte sagital del pie, que muestra la banda central de la fascia plantar en su eje longitudinal. La fascia (*flechas*) se origina en el tubérculo interno (*asterisco*) de la tuberosidad del calcáneo. Es más gruesa en la parte posterior y se adelgaza progresivamente hacia el antepié. *Cub*, cuboides; *Met₅*, quinto metatarsiano. En la imagen superior izquierda se muestra la colocación de la sonda lineal de alta frecuencia en eje longitudinal a lo largo del recorrido fascial: **1**: inserción posterior de la fascia plantar, correspondiente a la imagen ecográfica **b**; **2**: inserción anterior de la fascia plantar, correspondiente a la imagen ecográfica **c**. **b)** *punta de la flecha hueca*: origen de la fascia plantar; *flechas blancas*: recorrido fascial; *fdb*: flexor corto de los dedos; *flecha curva*: lugar de inserción del *fdb*. **c)** *puntas de flecha blancas*: fascia plantar en una posición más anterior donde se hace más delgada y superficial; el músculo cuadrado plantar (*qp*) se encuentra en un plano más profundo que el *fdb* (Bianchi, 2014).

Además de su papel diagnóstico, también tiene un papel terapéutico, ya que puede utilizarse para guiar terapias con ondas de choque. En el caso de las infiltraciones percutáneas con corticoides, la guía ecográfica mejora la exactitud y eficacia de la técnica. Asimismo,

reduce el riesgo de rotura de la fascia y de atrofia grasa de la almohadilla plantar (Mohseni-Bandpei et al., 2014).

Por otro lado, es una herramienta muy útil en la exploración y seguimiento de pacientes con dolor en el talón, pero requiere una larga curva de aprendizaje (Sabir et al., 2005; Karabay et al., 2007; Hossain M, 2011).

RESONANCIA MAGNÉTICA:

La resonancia magnética (RM) permite diagnosticar la FP de una forma precisa, ya que posee una mayor resolución que el resto de técnicas de imagen para evaluar la composición y estructura de los distintos tejidos del pie (figura 24). Valora eficazmente el engrosamiento y la edematización de la fascia, pero solamente está justificado su empleo en casos concretos que planteen dudas diagnósticas, como por ejemplo, ante la sospecha de una rotura parcial o total de la fascia que no pueda demostrarse con otros procedimientos (Lawrence et al., 2013). Las desventajas fundamentales de esta técnica son: su elevado coste, su limitada disponibilidad y la temporalidad (tiempo de espera para la realización de la prueba y demora posterior para el informe radiológico).



Fig. 24. RM de tobillo y pie de un paciente con diagnóstico de FP: imagen sagital-T1. Se observa un engrosamiento y alteración en la intensidad de señal de forma significativa del fascículo medial de la fascia plantar asociado a un espolón calcáneo, con un edema óseo en relación con una fascitis con entesitis asociada.

Los hallazgos diagnósticos de FP mediante RM incluyen un significativo engrosamiento fusiforme que se extiende desde su origen calcáneo. Los cambios erosivos de éste también pueden ocurrir como consecuencia de la inflamación crónica en la unión osteotendinosa. La inflamación crónica de la aponeurosis y las estructuras perifasciales se caracterizan por la degeneración de colágeno y la necrosis, hiperplasia angiofibroblástica, metaplasia condroide, y calcificación de la matriz, que en RM se traducen en una intensidad de señal anormal intrafascial intermedia sobre imágenes ponderadas en T1 y aumento de señal sobre secuencias potenciadas en T2 (Theodorou et al., 2001).

ESTUDIO BIOMECÁNICO:

La fascia plantar juega un papel muy importante en la biomecánica del pie, ya que ofrece una gran estabilidad al arco longitudinal interno durante la marcha (Mata, 2013).

Mediante el estudio biomecánico se obtiene una visión funcional del aparato locomotor. Puede ser de ayuda en el diagnóstico de alteraciones de los pies, tanto en bipedestación estática como durante la marcha o carrera. Esta prueba posibilita la identificación de problemas específicos, contribuye a mejorar el rendimiento de la marcha y de las técnicas de entrenamiento de la actividad deportiva, lo que ayuda a prevenir la aparición de lesiones musculoesqueléticas.

Para llevarlo a cabo, se precisan plataformas o tapices rodantes con múltiples sensores de presión y equipos de filmación de alta definición incorporados. Los datos obtenidos se analizan para estudiar la marcha descalzo y con calzado habitual, valorando además las distintas fases de la marcha o carrera.

El laboratorio de análisis de movimiento permite el análisis de diferentes tipos de movimientos humanos; no obstante, el mayor desarrollo se ha enfocado en estudiar la marcha. Otros tipos de estudio de movimiento disponibles corresponden a análisis de función de la extremidad superior, posturografía, estudios de estrategias motoras como “*sit to stand*”, actos

deportivos o estudios ergonómicos. Adicionalmente, en la actualidad el análisis cuantitativo de la marcha está ampliamente reconocido y aceptado como una herramienta de investigación y enseñanza (Mariana Haro, 2014).

TÉCNICAS DE VALORACIÓN DE LAS PRESIONES PLANTARES

Existen dos tipos: las estáticas, en las que las medidas se obtienen con el paciente en bipedestación, y las cinéticas, en las que las mediciones se realizan durante el ciclo de la marcha (Sánchez Blanco, 2006a).

Técnicas estáticas:

- a) Pedigrafía: se obtiene una imagen de la huella plantar tras impregnar la superficie plantar con una sustancia grasa y de color e imprimir esa huella sobre una hoja de papel.
- b) Fotopodograma: se trata de la misma técnica pero realizada e impresa sobre papel fotográfico.
- c) Podoscopio: en los podoscopios clásicos, los pies del paciente se apoyan sobre un sistema óptico constituido por una superficie transparente. La imagen de la huella plantar se aprecia a través de la otra cara de la superficie transparente reflejada en un sistema de espejos iluminados (figura 25A). Existen múltiples tipos de podoscopios (Gorgues, 2008), como el fluorescente de metacrilato, que consta de un sistema de reflexión de la huella plantar mediante una doble iluminación de color verde con luz polarizada de alto rendimiento. Este sistema permite diferenciar las cargas de la planta según la tonalidad de color (figura 25B).

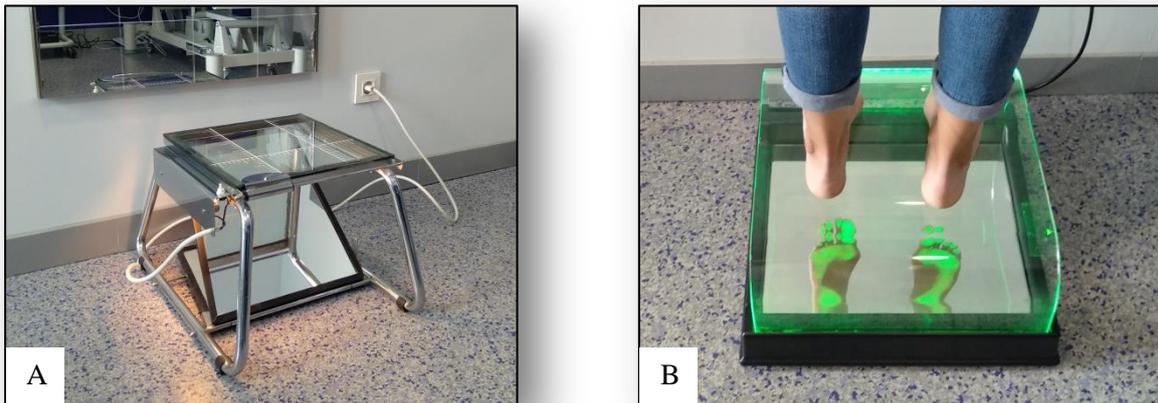


Fig. 25. Imágenes de un podoscopio clásico (A) y fluorescente (B).

Técnicas dinámicas:

Se basan en el uso de transductores o sensores de presión, que pueden ser capacitivos, fundamentados en galgas extensiométricas, piezoeléctricos, resistivos y magnetorresistivos.

Estos sensores pueden estar ubicados en diferentes posiciones: entre el calzado y el suelo, entre el pie y el suelo o entre el pie y el calzado. En este último sistema se utilizan transductores aplicados directamente sobre la superficie plantar o insertados en una ortesis plantar o plantilla instrumentada (figura 26).

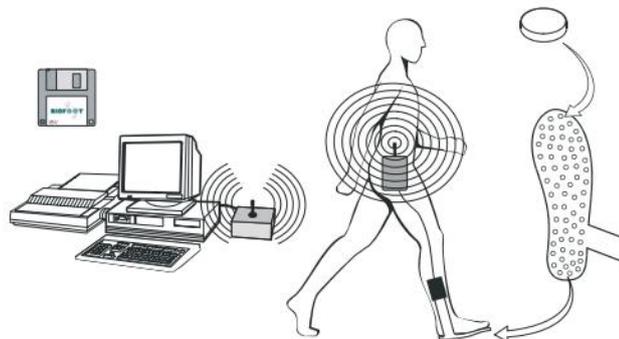


Fig. 26. Esquema del instrumental necesario para analizar las presiones plantares mediante una plantilla instrumentada Biofoot/IBV 2001 (Perez-Soriano, 2004).

GAMMAGRAFÍA ÓSEA:

Esta prueba es útil, a pesar de su falta de especificidad, ya que indica el grado de inflamación de la zona y revela la organicidad del proceso, aunque en ocasiones nos deja serias dudas (Bravo Acosta et al., 2008). Aporta una información más funcional que morfológica y el estudio habitual consta de tres fases: angiogammagráfica (inmediata), intermedia (diez primeros minutos) y tardía o gammagrafía ósea convencional (2-24h postinyección) (Sánchez Blanco, 2006b).

En el caso de la FP subaguda o crónica, se produce un mayor depósito del trazador (Ga67 o Tc99) a nivel de la inserción calcánea de la fascia plantar ya que suele acompañarse de edema óseo reactivo (figura 27).

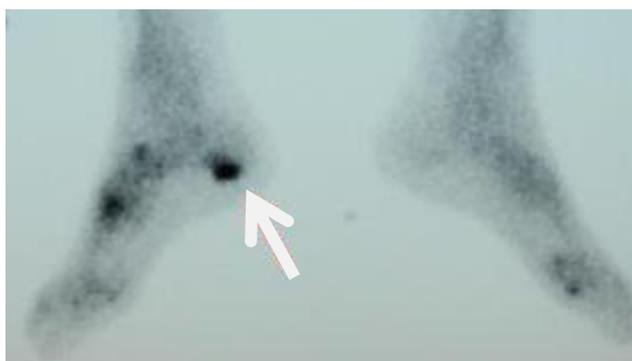


Fig. 27. Imagen gammagráfica de FP (*flecha*) (S. Hale, 2022).

La gammagrafía es poco específica en cuanto a su uso para el estudio de la FP, pero puede ser útil a la hora de diagnosticar patología ósea primaria, como por ejemplo tumores u osteomielitis (Akfirat et al., 2003; Hoebeke, 2008), fracturas de estrés o algodistrofia simpático-refleja (Sánchez Blanco, 2006b).

Existe bibliografía que estudia su uso para mejorar la localización de las infiltraciones locales con corticoides en las FP más resistentes al tratamiento conservador (Dasgupta and Bowles, 1995). También se ha estudiado su utilidad en la FP que cursa con sintomatología

atípica teniendo en cuenta además la presencia o ausencia de espolón calcáneo; la gammagrafía no aporta más información en pacientes con espolón que en ausencia del mismo (Tudor et al., 1997).

ELECTROMIOGRAFÍA:

La electromiografía (EMG) y los estudios de conducción nerviosa o de electroneurografía (ENG) son muy útiles para el diagnóstico de las patologías de unidad motora, de los nervios periféricos y del dolor de origen musculoesquelético, que afecta hasta al 16% de la población. La EMG o electrodiagnóstico de detección es el registro del potencial de acción del músculo mediante un electrodo de aguja que se inserta en su interior (figura 28). Habitualmente se realiza con el músculo en reposo y con actividad motora voluntaria (Sánchez Blanco, 2006c).

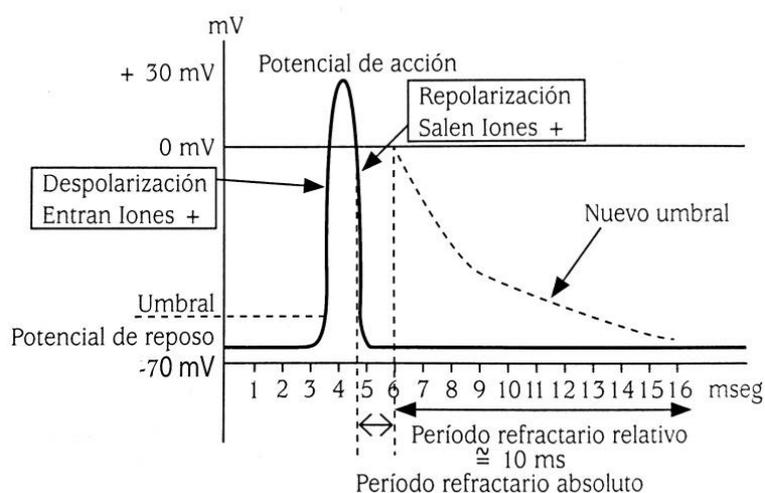


Fig. 28. Representación gráfica del potencial de reposo, del potencial de acción con sus diferentes fases (despolarización y repolarización) y del período refractario (absoluto y relativo) (Sánchez Blanco, 2006c).

Resulta muy útil para el diagnóstico diferencial de la FP con distintas neuropatías periféricas como por ejemplo la neuropatía de Baxter, que, aunque es una entidad poco frecuente, debe tenerse en cuenta. La clínica junto con las pruebas de imagen puede orientar al diagnóstico que se confirmará mediante el estudio electromiográfico, aunque éste no definirá con precisión la localización del atrapamiento nervioso (López Hermoza et al., 2017).

PRUEBAS DE LABORATORIO:

Habitualmente no son de utilidad en el diagnóstico de FP. Sin embargo, en caso de sospecha de otra entidad nosológica que pueda cursar con dolor en el talón, como las enfermedades infecciosas, tumorales, metabólicas o inflamatorias, se podrían objetivar cambios analíticos en marcadores específicos (p.ej. HLAB27+ en espondilitis anquilopoyética) o reactantes de fase aguda (p.ej. Proteína C Reactiva, Velocidad de Sedimentación Globular) en los procesos inflamatorios o infecciosos.

DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL (Rodríguez Moreno et al., 2003; Goff and Crawford, 2011)

La FP es una de las patologías más comunes del pie. Cursa con dolor localizado a nivel del talón. Erróneamente suele asociarse con el término “espolón calcáneo”, pero las patologías que pueden provocar dolor en esta localización son muy diversas, como se detalla a continuación.

ETIOLOGÍA ESQUELÉTICA

- Patología de la articulación subastragalina: es una entidad infradiagnosticada. En pacientes con artritis reumatoide tiene una prevalencia cercana al 25%. Suele confundirse con patología de la articulación del tobillo (tibioperoneoastragalina) o de las vainas de los tendones largos del pie (peroneos y tibiales).
- Fracturas de estrés y por insuficiencia: suelen cursar con dolor agudo, pueden acompañarse de edema considerable y la presión selectiva sobre el hueso afectado despierta dolor vivo. En concreto, la fractura por estrés del calcáneo se produce como consecuencia de cargas mecánicas que sobrepasan la capacidad de resistencia del hueso y pueden dar lugar a fracturas por fatiga cuando se trata de cargas excepcionalmente elevadas o fracturas por insuficiencia ósea cuando existe una fragilidad ósea preexistente. En la anamnesis, suele existir un aumento o modificación reciente de la actividad física, intensificación del entrenamiento o cualquier exigencia importante del segmento doloroso. También deben buscarse antecedentes de fracturas antiguas o por

sobrecarga, factores de riesgo de osteopatía fragilizante o fracturas por fatiga (extrema delgadez o amenorrea) (Parra Gordo M, 2010; Tu and Bytomski, 2011; Lafforgue, 2013). La realización de una gammagrafía ósea con tecnecio o una RM confirmará el diagnóstico.

- Tumores óseos primarios o metastáticos: aunque es una patología poco frecuente en esta localización, su gravedad obliga a un diagnóstico precoz y habitualmente la sospecha la proporcionarán las pruebas radiológicas.
- Apofisitis del calcáneo, osteocondritis juvenil del calcáneo o enfermedad de Sever: cojera y dolor espontáneo en la región posterior del calcáneo que aparece entre los 6 y los 10 años, causada por inflamación o irritación de los cartílagos de crecimiento. Empeora con la actividad y mejora con el reposo. Su diagnóstico es clínico y las radiografías son útiles para descartar otros cuadros, ya que la apófisis suele osificarse de modo irregular (Del Amo López, 2003). Habitualmente es un cuadro autolimitado que, con medidas conservadoras, no causa secuelas a largo plazo.
- Artropatías inflamatorias sistémicas: la artritis reumatoide, el síndrome de Reiter, la espondilitis anquilosante o la artritis psoriásica, entre otras, cursan con dolor poliarticular que habitualmente incluye la región del talón. La clínica y las pruebas complementarias (analíticas y radiológicas) aclaran el diagnóstico.

ETIOLOGÍA NEUROLÓGICA

- Neuropatía por atrapamiento del nervio calcáneo medial o del “nervio digital plantar del abductor del quinto dedo”: cursa con dolor y sensación de quemazón en la región plantar medial.
- Neuropatía de Baxter: se trata del atrapamiento de la primera rama del nervio plantar lateral. Representa hasta el 20% de los casos de dolor persistente en el retropié y resulta indistinguible, en muchas ocasiones, del ocasionado por la FP. Su diagnóstico

habitualmente es clínico, cursa con parestesias en la zona medial del pie o dolor a la palpación del recorrido del nervio (Moreno García et al., 2017). Este diagnóstico debe plantearse como posible alternativa ante una FP con mala evolución que cursa con limitación para la abducción del 5.º dedo (López Hermoza et al., 2017).

- Síndrome del canal del tarso: neuropatía por atrapamiento del nervio tibial posterior en el canal del tarso. Es mucho menos frecuente que su equivalente de la mano y más difícil de diagnosticar. El dolor del talón suele extenderse a la planta del pie y se acompaña de parestesias y disestesias. El signo de Tinel (percusión sobre el canal del tarso) suele ser positivo. La EMG no suele ser tan concluyente como en la mano. Las diferentes ramas de este nervio pueden estar comprimidas cuando se decusan hacia la planta del pie y producir talalgias atípicas y recalcitrantes muy difíciles de diagnosticar.
- Síndrome del seno del tarso: No se debe confundir con la entidad previamente descrita (síndrome del canal del tarso). El seno del tarso es una escotadura ósea situada entre las dos partes en que se divide la articulación subastragalina. El dolor se situaría en la zona anteroexterna del tobillo, justo por delante y por debajo del maléolo externo. No se han descrito lesiones anatomopatológicas ni hallazgos en exploraciones complementarias específicas.
- Distrofia simpaticorrefleja: habitualmente cursa con dolor difuso y edema que no se limita a la zona del talón-tobillo. Su diagnóstico fundamental es clínico, pero se pueden precisar pruebas de confirmación como la gammagrafía o la RM.
- Otras neuropatías: relacionadas con patologías como: la Diabetes Mellitus, el abuso en la ingesta de alcohol, las deficiencias vitamínicas, la radiculopatía lumbar L5/S1, etc.

ETIOLOGÍA DE TEJIDOS BLANDOS

- Patologías del complejo aquileo: la entesitis aquilea, la bursitis post o retrocalcánea, la paratendinitis, la tendinitis, la rotura parcial o total, cursan con dolor a nivel del tendón

aquileo o en la región posterior del calcáneo. El dolor suele reproducirse con la flexión plantar del pie resistida y en ocasiones se acompaña de engrosamiento del tendón que dificulta el uso del calzado cerrado.

- Bursitis subcalcánea: consiste en la inflamación de la bursa plantar del calcáneo. Su etiopatogenia se relaciona con una pérdida de la capacidad de amortiguación de la región plantar del retropié que empeora con el traumatismo repetitivo que supone la marcha (Martínez Jiménez and Díaz Velázquez, 2010; Yi et al., 2011; Yamakado, 2013).
- Síndrome doloroso de la almohadilla grasa del talón: es un síndrome muy común entre los corredores, ya que van perdiendo la grasa protectora que acolcha la pisada al correr por superficies duras. En ellos, ese déficit de amortiguación, unido a la acción de correr, provoca la inflamación y el dolor. Un síntoma muy característico es el dolor mecánico central o marginal a nivel del talón, que empeora al caminar, sobre todo al hacerlo descalzo, y mejora al permanecer sentado.
- Paniculitis de la almohadilla grasa plantar: en casos en que exista sospecha de penetración de un cuerpo extraño a nivel del talón. Muy raramente, pueden aparecer nódulos dolorosos en pacientes afectados de lupus eritematoso sistémico.
- Patología de los tendones largos del tobillo: cabe destacar la patología del tibial posterior, que discurre posteriormente al maléolo interno y tiene su inserción en el escafoides tarsiano. Como función fundamental, contribuye al mantenimiento del arco longitudinal plantar. Cuando este tendón es insuficiente o sufre rotura en sus fibras, provoca la aparición de un pie plano-valgo.
- Verrugas plantares: pese a ser lesiones de origen vírico bastante evidentes a la observación simple, han de tenerse en cuenta. A la exploración, a diferencia del heloma o “callo”, el pellizco lateral resulta doloroso.

- Contusión en el talón: cursa con dolor en la región del talón y almohadilla grasa por caída o traumatismo directo.
- Fascitis plantar: se trata, sin lugar a dudas, de la patología más frecuente y más estudiada entre las consideradas en el diagnóstico diferencial. Cursa con dolor a nivel del talón que es más severo con los primeros pasos del día.
- Rotura de la fascia plantar: cursa con dolor repentino agudo en el talón con presencia de equimosis. Puede producirse como consecuencia de un sobreuso continuado o por una sobre-solicitud puntual que supere la capacidad de resistencia del tejido, como por ejemplo, en atletas que realizan deportes que conllevan carrera y salto. Suele asociarse con FP previas o infiltraciones con corticoesteroides.
- Fibromatosis plantar nodular o Enfermedad de Ledderhose: es el equivalente a Dupuytren en la fascia palmar, provoca dolor plantar y cursa con nódulos en la fascia plantar (Del Amo López, 2003).

TRATAMIENTO

El síntoma fundamental derivado de la FP es el dolor en el talón. Inicialmente suele ser inflamatorio, predominantemente localizado en la zona de inserción fascial, sin embargo, si este proceso inflamatorio no se trata adecuadamente y se mantiene en el tiempo se pueden originar cambios degenerativos que contribuyen a su cronificación.

En general, se puede tratar con éxito con medidas conservadoras (AINEs, fisioterapia manual, terapia física o infiltraciones locales con corticoides). Sin embargo, la efectividad de estos tratamientos en la evolución de la FP no se encuentra bien establecida, al tratarse de un cuadro que habitualmente tiende a resolverse en un período variable entre 6 y 18 meses (Goff and Crawford, 2011; Yi et al., 2011; Covey and Mulder, 2013).

A continuación, se describen las diferentes modalidades de tratamiento para la FP, desde las medidas higiénicas generales hasta el tratamiento más invasivo.

TRATAMIENTO CONSERVADOR

MEDIDAS GENERALES

- **Modificación de la actividad:** en la medida de lo posible, se debe evitar la bipedestación prolongada, la deambulación sin calzado, sobre superficies duras y las actividades que requieran levantar peso. Además, se recomienda, la sustitución de zapatillas desgastadas o inadecuadas y el uso de calzado cómodo (Roxas, 2005). La gran mayoría de los pacientes se recuperan con tratamiento conservador, aunque el transcurso de esta afección suele ser frustrante. Resulta de gran importancia educar al paciente sobre las expectativas y la duración del tratamiento desde el principio. La FP suele aparecer por sobreuso, en primera instancia, por lo que, parece sensato, evitar las actividades de alto impacto durante un período de tiempo moderado (Cutts et al., 2012).

- **IMC:** la sobrecarga de la fascia plantar, puede ser un factor determinante para la aparición y perpetuación de la FP, por lo que son recomendables ciertas modificaciones en el estilo de vida para mantener un IMC dentro de un rango saludable evitando la obesidad (Rano et al., 2001). La pérdida de peso en pacientes con FP en ocasiones resulta complicada ya que presentan limitaciones para la realización de ejercicio cardiovascular (caminar, saltar, correr, etc.) por lo que, en ellos, se recomiendan modalidades de ejercicio que no impliquen carga ni movilización excesiva de los pies, como es el caso de la natación.

- **Crioterapia local:** la aplicación local de hielo a lo largo del recorrido fascial, puede ser de utilidad para reducir la sensación de dolor. Además, si se realiza un automasaje rodando una botella de agua, previamente congelada, deslizando ésta a lo largo de la planta del pie, añadiremos el efecto del automasaje al de la crioterapia local (figura 29). Otras modalidades

de aplicación serían: los baños (sumergiendo el pie en agua fría) y los apósitos (bolsa con hielo picado envuelta en una toalla para evitar quemaduras por contacto directo con la piel).

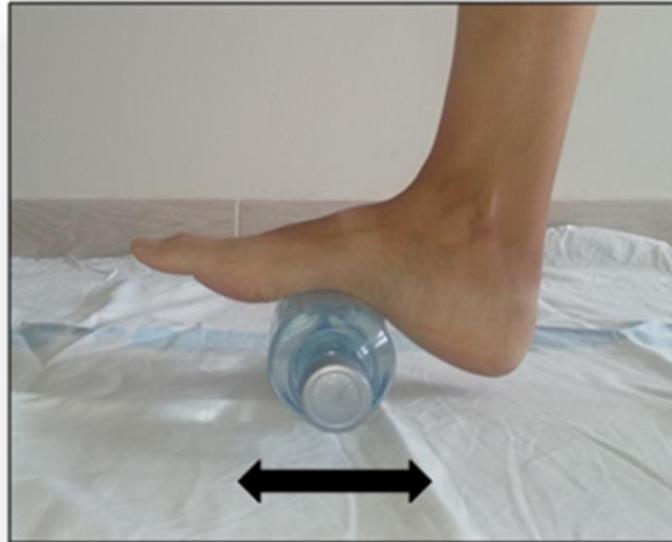


Fig. 29. En sedestación, se coloca una botella de agua congelada en el suelo y se rueda con la planta del pie. Se recomienda realizar este ejercicio con un calcetín para evitar quemaduras cutáneas por frío.

- Cinesiterapia básica: también resulta de utilidad la realización diaria de una serie de ejercicios sencillos de calentamiento y estiramiento de la fascia plantar y del tríceps sural, sobre todo tras levantarse del descanso nocturno, tras un período de sedestación prolongada, así como, antes y después de la realización de ejercicio físico moderado-intenso. Los estiramientos de la fascia plantar y de las pantorrillas son económicos y fáciles de aprender. El estiramiento específico de la fascia plantar se realiza dorsiflexionando los dedos de los pies con una mano (aprovechando el mecanismo *windlass*) y palpando la fascia con la otra mano para asegurarse de que esté tensa (figura 30A) (Lim et al., 2016). El estiramiento de la musculatura posterior de la pantorrilla se realiza de pie de cara a la pared, dejando el pie afectado retrasado con el talón completamente apoyado en el suelo mientras se flexiona la rodilla de la pierna adelantada hacia la pared de apoyo (figura 30B).



Fig. 30. A: Estiramiento de la fascia plantar. **B:** Estiramiento de la musculatura posterior de la pantorrilla en pared.

- Automasaje fascial: también resulta de ayuda realizar automasajes en la región fascial, comenzando desde la zona de inserción en el calcáneo y avanzando hacia la zona de las cabezas de los metatarsianos incidiendo en la región más dolorosa e intentando acompañarlo de autoestiramientos realizando flexión dorsal del tobillo y extensión de los dedos de los pies.
- Calzado: resulta de gran importancia. Cabe destacar que la mayoría de las consultas por dolor del talón ocurren en otoño o principios de invierno; muchas veces se debe al uso de calzado inapropiado durante la etapa de verano: excesivamente plano, sin amortiguación a nivel del talón, sin el correcto soporte de los arcos plantares y sin sujeción del tobillo. Tampoco se recomienda el calzado excesivamente desgastado ya que tiende a perder la elasticidad y almohadillado. Por lo anteriormente expuesto, se recomienda utilizar zapatos

amortiguados y no excesivamente planos para contribuir a la relajación de la fascia y del tendón de Aquiles durante la marcha.

TALONERAS Y ORTESIS PLANTARES

Las ortesis mejoran los síntomas de la FP al reducir la tensión de la fascia y del tendón de Aquiles durante la marcha (Baldassin et al., 2009). Tanto las ortesis prefabricadas como las hechas a medida, reducen el dolor y mejoran la función a corto plazo con pocos riesgos o efectos secundarios. Existen diversas opciones (figura 31), tales como: taloneras de gel, soportes de arco longitudinales y plantillas completas que han demostrado ser más efectivos que las adaptaciones añadidas al calzado (Pfeffer et al., 1999).

Se cree que estos tratamientos actúan eficazmente sobre la biomecánica de la FP, la pronación del pie, los pies planos y cavos, ayudando a reducir la presión plantar máxima (Lee et al., 2012).



Fig. 31. A: Taloneras de silicona (Podoservice, 2022). **B:** Plantillas a medida con soporte del arco plantar interno (Ortopedia-Grupo-la-Milagrosa, 2022).

El metaanálisis de Lee et al. (2013) mostró que el uso de plantillas para aliviar el segmento medial del arco longitudinal del pie se asociaba con una reducción significativa del dolor y una mejora de la funcionalidad.

Por otro lado, existe la opción de utilizar férulas nocturnas o “*night splint*” que mantienen el tobillo en una posición neutra durante el descanso nocturno, véase figura 32.

Los resultados muestran que mejora el dolor matutino tras su uso continuado durante 2-8 semanas. Fundamentalmente se recomiendan para pacientes que llevan de 6 a 12 meses de evolución y que no han mejorado con otros tratamientos. Habitualmente se toleran mejor las férulas flexibles respecto a las más rígidas. No existe evidencia científica que demuestre que el uso de este tipo de férulas se relacione con un incremento de los grados de flexión dorsal del tobillo (Arias Paz, 2020).



Fig. 32. **A:** *Night splint* o férula rígida nocturna para FP (Fiasmed, n.d.). **B:** *Soft night splint* o férula elástica nocturna para FP (RehabMedic, n.d.).

ANTIINFLAMATORIOS ORALES/TÓPICOS

Los AINE, tomados por vía oral o aplicados localmente, reducen el dolor al inhibir la vía de la ciclooxigenasa, que suprime la activación de mediadores inflamatorios. Pueden producir un alivio del dolor a corto plazo y disminuir la discapacidad cuando se usan en combinación con otras modalidades de tratamiento conservador como: el reposo relativo, la modificación de la actividad y los estiramientos (Donley et al., 2007).

Como hemos visto anteriormente en la etiopatogenia, en la FP no predomina la inflamación, pero estos fármacos pueden resultar útiles por su efecto analgésico.

Como precauciones y contraindicaciones generales de estos medicamentos, destacan los trastornos gastrointestinales y renales que pueden producir, especialmente en pacientes con

antecedentes de enfermedades en esos órganos y en personas de edad avanzada. Se encuentran contraindicados en mujeres en período de gestación (Abdulla et al., 2013).

CINESITERAPIA: ESTIRAMIENTOS Y FORTALECIMIENTO

Dado que la falta de dorsiflexión del tobillo es un factor de riesgo de FP, los protocolos inciden en la importancia del estiramiento del tendón de Aquiles. Más recientemente se ha destacado la efectividad del estiramiento específico de la fascia plantar, como exponía anteriormente en la figura 30A. Se estima que el estiramiento es un tratamiento exitoso porque actúa sobre la tensión muscular excesiva del gastrocnemio y de los músculos intrínsecos del pie (Jha R K, 2013). Según Digiovanni et al. (2006), el estiramiento específico de la fascia plantar es más eficaz que el programa de estiramiento aislado del tendón de Aquiles; en su investigación objetivaron que la realización de un programa de estiramientos específicos de la fascia plantar durante 8 semanas resulta beneficioso, a largo plazo, a la hora de reducir el dolor y las limitaciones funcionales, con una alta tasa de satisfacción del paciente.

Existen diferentes protocolos de ejercicios, uno de ellos es de fortalecimiento de alta carga para el apoyo del tendón de Aquiles (figura 33) y del mecanismo *windlass* que eleva el arco y acorta el pie durante la fase de propulsión de la marcha (Trojian and Tucker, 2019); ejercicios de flexión de los dedos de los pies, fortalecimiento de los músculos eversores e inversores del tobillo y ejercicios de elevación del talón. El fortalecimiento se realiza de forma progresiva y se puede incrementar el trabajo muscular utilizando lastres o bandas elásticas de resistencias cada vez más elevadas para los músculos del tobillo. La elevación de talón inicialmente puede realizarse secuencialmente: con apoyo de ambos pies y manos, con apoyo de ambos pies y sin apoyo de manos, con apoyo de un solo pie y con apoyo de manos, y finalmente con apoyo de un solo pie y sin apoyo de manos. Por otro lado, también existen programas de ejercicios de estiramiento de la fascia plantar y de los músculos gastrocnemio y sóleo. Ambos programas de ejercicios, de fortalecimiento y estiramiento, reducen de forma significativa el dolor del talón y mejoran la marcha de los pacientes con FP (Thong-On et al., 2019).



Fig. 33. Ejercicios de fortalecimiento excéntrico. El peso del cuerpo se levanta con ambos pies y posteriormente se baja lentamente sobre el pie afectado (Trojian and Tucker, 2019).

VENDAJE LOW-DYE

El vendaje terapéutico es una intervención utilizada comúnmente para reducir el dolor, controlar el movimiento de las articulaciones, mejorar la propiocepción y normalizar el tono muscular. La rigidez del vendaje permite el cambio mecánico en la posición de la articulación (Podolsky and Kalichman, 2015).

La técnica de vendaje Low-Dye fue descrita originalmente por el doctor Ralph Dye en 1939 (figura 34). El principio de este vendaje consiste en fijar el eje de la articulación subastragalina. Fue realizado con el objetivo de reducir el exceso de pronación y aliviar los trastornos derivados de este movimiento, tales como, el dolor o patologías como la FP, tendinopatías del tibial posterior, del tendón de Aquiles o el síndrome de estrés tibial medial (Yoho et al., 2012; Newell et al., 2015; Park et al., 2015).



Fig.34. Se muestran de izquierda a derecha los pasos a seguir para la correcta aplicación del vendaje Low-Dye para FP (Ditz 2021).

Cinéticamente, el vendaje Low-Dye produce una disminución de las presiones plantares en la región medial del antepié y un aumento de éstas en la región lateral del mediopié. Este efecto cinético se relacionaría con el efecto cinemático disminuyendo el momento de fuerza pronador neto que soporta el pie, así como el momento de flexión dorsal neto que soportan las articulaciones de la columna interna, lo que podría favorecer la instauración del mecanismo de *windlass*.

Contribuye a reducir la actividad muscular para los músculos tibial anterior y tibial posterior, estructuras encargadas de controlar el exceso de pronación del pie y la caída del escafoides, disminuyendo la tensión fascial de la aponeurosis plantar (Armada et al., 2019). Aunque su efecto es temporal, puede suponer una herramienta útil para el manejo de la FP. Varios estudios han demostrado que reduce el dolor de la FP a la semana, pero su eficacia disminuye posteriormente (Water and Speksnijder, 2010).

VENDAJE KINESIOLÓGICO

El vendaje kinesiológico o *kinesio taping*, se ha convertido en un tratamiento muy popular para numerosas condiciones de salud durante la última década. Fue creado por un quiropráctico japonés en la década de 1970 (Kase and Kase, 2003). Se basa en la utilización de un tipo de cinta elástica, más fina y elástica que la convencional, que se fija sobre la piel. Dadas sus características, permite una mayor movilidad y tracción de la piel (Callaghan and Selfe, 2012). Además, es importante aplicar tensión a lo largo de la cinta y colocar el músculo objetivo en una posición de estiramiento, de modo que las circunvoluciones en la cinta se produzcan después de la aplicación. Según el manual de *Kinesio Taping Method*, la tracción promueve una elevación de la epidermis y reduce la presión sobre los mecanorreceptores que se encuentran debajo de la dermis, reduciendo así los estímulos nociceptivos. Otros beneficios propuestos incluyen: aumento de la circulación sanguínea y linfática, reducción de la intensidad del dolor,

realineamiento articular y cambio de los patrones de actividad de reclutamiento de los músculos tratados (Kase and Kase, 2003).

La disposición del vendaje kinesiológico en la FP es variable. En el estudio de Ordahan et al. (2017), se aplicó una pieza desde el calcáneo hasta las cabezas de los metatarsianos con un estiramiento máximo hacia la fascia plantar y otras cuatro piezas de forma transversal a la primera en la región plantar del pie para dar soporte al arco medial (figura 35).



Fig. 35. Vendaje kinesiológico en FP (Ordahan et al., 2017)

Hay que destacar, que los estudios son heterogéneos y se realizan comparaciones con diferentes terapias convencionales (Tsai et al., 2010), ondas de choque extracorpóreas (Ordahan et al., 2017), etc.

Tsai et al. (2010), compararon la eficacia de la terapia convencional para el tratamiento de la FP de forma aislada y en combinación con el vendaje kinesiológico. Analizaron 52 pacientes en dos grupos de estudio y concluyeron que la evolución de los que utilizaron el vendaje kinesiológico durante una semana, además de la terapia convencional, fue más favorable en cuanto a alivio del dolor.

En la revisión y metaanálisis de Montalvo et al. (2014), se seleccionaron trece artículos que investigaban los efectos de la aplicación del vendaje kinesiológico sobre el dolor con, al menos, un nivel II de evidencia. Sus resultados indicaron que este tipo de vendaje podría tener un potencial limitado en cuanto a reducción del dolor musculoesquelético, ya que su aplicación no redujo las medidas de dolor específicas relacionadas con la lesión musculoesquelética en comparación con otras modalidades en el contexto de los artículos incluidos. Su propuesta fue

que podría utilizarse en combinación con, o en lugar de, ciertas terapias más tradicionales, aunque puntualizaban que eran necesarios más estudios controlados para evaluar la eficacia del vendaje kinesiológico. Según la revisión de Carmo Silva Parreira et al. (2014), en todas las comparaciones en las que este tipo de vendaje resultó mejor que el grupo de control, activo o simulado, los tamaños muestrales fueron reducidos y probablemente no fueron clínicamente significativos, o los ensayos fueron de baja calidad, por ello concluyeron que la evidencia actual no apoya el uso del vendaje kinesiológico en patología musculoesquelética incluyendo la FP crónica.

Aunque es una técnica ampliamente utilizada en la práctica clínica por muchos fisioterapeutas en todo el mundo, existe poca evidencia sobre la eficacia de esta intervención (Thelen et al., 2008; González-Iglesias et al., 2009; Callaghan and Selfe, 2012).

ELECTROTERAPIA

La electroterapia consiste en la aplicación de la corriente eléctrica con fines terapéuticos mediante la aplicación de electrodos, solenoides o cabezales, de forma directa sobre la piel del paciente, en aplicación subacuática o a cierta distancia. Puede utilizarse en un grupo muy variado de patologías, desde arritmias cardíacas hasta enfermedades neurológicas degenerativas o incluso para mejorar la cicatrización de las heridas.

La patología osteoarticular es una de las aplicaciones más habituales de ese tratamiento que suele aplicarse conjuntamente con fisioterapia (Tiktinsky et al., 2010). La FP es un ejemplo de enfermedad en la que se utiliza con frecuencia este tipo de tratamiento (Brook et al., 2012).

Efectos generales de la electroterapia a nivel osteoarticular:

- La relajación muscular en los espasmos musculares.
- La prevención de la atrofia muscular por desuso.

- La recuperación de la movilidad muscular.
- El control del dolor postraumático o de otra causa.

Aunque es una terapia ampliamente extendida y empleada en la clínica, siguen existiendo ciertas dudas sobre su auténtica eficacia, así como sobre su mecanismo de acción, que resulta básicamente desconocido (Medlicott and Harris, 2006). En la actualidad, pocos estudios han evaluado la efectividad de las terapias físicas en el tratamiento conservador de la FP. Las guías de práctica clínica y las investigaciones aún resultan escasas (Stadler, 2003; Buchbinder, 2004; Castiñeira Pérez, 2021).

Son numerosos los dispositivos existentes para la administración de electroterapia. Habitualmente se considera que es un tratamiento seguro ya que las frecuencias e intensidades que se suelen utilizar en la práctica clínica son bajas (Moreno-Duarte et al., 2014).

Aunque los US parecen ser el tratamiento más común que se aplica de forma rutinaria para la FP (Crawford and Snaith, 1996; Rioja Toro et al., 2001; Zanon and Imamura, 2006; Cleland et al., 2009; Greve et al., 2009; Kuwada, 2011; Konjen et al., 2015; Tellería Hernández et al., 2017), también se emplean otras modalidades de electroterapia, de forma aislada o en combinación con: fisioterapia, estiramientos, etc. Como ejemplo de ellas, podemos destacar: la iontoforesis (Rioja Toro et al., 2001; Osborne and Allison, 2006; Cleland et al., 2009), la magnetoterapia (Tellería Hernández et al., 2017) o el láser (Kiritsi et al., 2010), entre otras (Gill and Kiebzak, 1996; Rioja Toro et al., 2001; DiGiovanni et al., 2003; Stratton et al., 2009; Karagounis et al., 2011; Kuwada, 2011).

ONDAS DE CHOQUE EXTRACORPÓREAS

Este tema se desarrollará en profundidad en su capítulo correspondiente. El tratamiento con ondas de choque extracorpóreas (ESWT) parece ser una alternativa prometedora. Tiene eficacia probada en numerosas entesopatías, que incluyen FP, epicondilalgia, tendinopatía patelar y aquílea (Sems et al., 2006; Andres and Murrell, 2008). En la guía clínica sobre el

manejo de la FP publicada por el American College of Foot and Ankle Surgery en el año 2010, se recomienda ESWT con un grado de evidencia B (Thomas JL, 2010).

Las ondas de choque inducen una liberación precoz de factores angiogénicos y de crecimiento, que suponen un efecto positivo sobre la neovascularización tendinosa. Estos efectos serían favorables para la resolución de la FP crónica, caracterizada por una hipovascularización local (Wang et al., 2003).

TRATAMIENTO MÍNIMAMENTE INVASIVO - INFILTRACIONES

INFILTRACIONES CON CORTICOSTEROIDES

Se trata de otra opción terapéutica a tener en cuenta, ya que proporciona beneficios a corto plazo, sin embargo, éstos suelen darse en un porcentaje reducido de pacientes (Yanagisawa et al., 2001; Hammond et al., 2009; Argerakis et al., 2015) y hay que tener presente el riesgo de rotura de la fascia plantar y de atrofia de la almohadilla grasa del talón (Thing et al., 2012; Argerakis et al., 2015). El mayor inconveniente de esta terapia es la elevada tasa de recidivas, probablemente debidas a que la inyección intrafascial puede desencadenar efectos adversos permanentes en la estructura de la fascia y porque los pacientes tienden a retomar sus actividades de la vida diaria (AVD), forzando el pie en exceso tras la infiltración, como resultado de la desaparición del dolor a corto plazo (Ragab and Othman, 2012). Por otro lado, existen estudios con un año de seguimiento en los que se mantienen los resultados (Porter and Shadbolt, 2005). Las consecuencias de este tratamiento pueden valorarse de forma ecográfica a nivel de la fascia plantar donde provocan una disminución de su grosor y una reducción de la hipoeogenicidad del tejido circundante a la localización de la infiltración (Akşahin et al., 2012).

En la actualidad se pueden realizar este tipo de infiltraciones con guía ecográfica, lo cual resulta recomendable, aunque en ocasiones no se encuentran diferencias en los resultados de la técnica respecto a la infiltración por referencias anatómicas y palpación (Akşahin et al., 2012).

INFILTRACIONES LOCALES DE SANGRE-DERIVADOS DE SANGRE AUTÓLOGOS (FACTORES PLAQUETARIOS)

El plasma rico en plaquetas (PRP) se deriva de sangre autóloga y contiene una alta concentración de factores de crecimiento necesarios para la correcta cicatrización de los tejidos (Ragab and Othman, 2012). Los diferentes factores que contienen son: el factor de crecimiento derivado de plaquetas, el factor de crecimiento transformante y el factor de crecimiento endotelial vascular, entre otros (Vannini et al., 2014). El motivo fundamental para utilizar este tratamiento es incrementar la capacidad regenerativa de los tendones mediante un elevado contenido de citoquinas y células, en dosis hiperfisiológicas, lo que debería promover la quimiotaxis celular, la síntesis de matriz y la proliferación en el lugar de la lesión mejorando el proceso de curación (Martinelli et al., 2013). La aplicación de PRP en el tratamiento de la FP es un concepto bastante reciente y que se encuentra en constante evolución (Ragab and Othman, 2012).

En el estudio prospectivo de Ragab and Othman (2012), aplicaron este tratamiento a 25 pacientes con FP crónica. Evaluaron el dolor (EVA) y el grosor de la fascia plantar (ecografía) antes y después del tratamiento. El seguimiento medio fue de 10.3 meses. No notificaron complicaciones y concluyeron que la infiltración de PRP resultaba segura y no afectaba a la función biomecánica del pie, por lo que podría considerarse un tratamiento efectivo a tener en cuenta en la FP crónica.

En el caso del estudio preliminar, prospectivo, no controlado, monocéntrico de Martinelli et al. (2013), trataron a 14 pacientes con 3 infiltraciones de PRP y realizaron un seguimiento de 12 meses valiéndose del análisis de las escalas EVA y Roles y Maudsley. Sus resultados indicaron que este tratamiento en la FP crónica resultaba seguro y eficaz en la reducción del dolor.

Aunque existen muchos estudios en la literatura que examinan la administración de PRP para tratar la tendinopatía crónica, la evidencia hasta la fecha, que muestra el beneficio de las

inyecciones de PRP, es controvertida (Mishra et al., 2009; Vos et al., 2010; Martinelli et al., 2013; Vannini et al., 2014).

RADIOFRECUENCIA

Se basa en el principio de disipar el calor de un electrodo activo. Se utiliza para el tratamiento de diversas enfermedades, como el temblor esencial, la neuralgia del trigémino, la hernia discal lumbar, los neuomas, la enfermedad vascular coronaria, el síndrome de dolor cervical, etc.

Según el estudio retrospectivo de Kurtoglu et al. (2022), en el que aplicaron radiofrecuencia a 80°C de temperatura durante 240 segundos a 261 pacientes (378 pies) con FP y obtuvieron una reducción estadísticamente significativa del dolor en las escalas EVA y AOFAS realizando un seguimiento de 24 meses. Sus ventajas principales en la FP son las siguientes: la fascia plantar se deja intacta, el paciente puede reanudar sus AVD al día siguiente del procedimiento, el alivio del dolor es duradero, permite realizar marcha con carga del peso corporal de forma inmediata, no es necesaria la cicatrización de heridas, no se precisan zapatos quirúrgicos ni vendajes postoperatorios pesados y el procedimiento se puede realizar de forma rápida y sencilla.

En contrapartida, Li, Zhang, et al. (2018), compararon la efectividad de diferentes tratamientos para la FP incluyendo la radiofrecuencia en una revisión sistemática y metaanálisis en el que se analizaron 19 estudios con un total de 1676 pacientes. Entre los tratamientos que se compararon las opciones más recomendables fueron: ESWT y US. En este caso no lo catalogaron como un tratamiento claramente recomendado respecto al resto de opciones terapéuticas.

En el caso de Turhan (2019), realizaron un estudio retrospectivo comparando tres grupos tratamiento para FP crónica: infiltración con corticoide y anestésico, ESWT y radiofrecuencia.

En este caso, aunque las tres modalidades de tratamiento mostraron mejora significativa en los valores de las escalas EVA y AOFAS, no se encontraron diferencias entre los grupos al final del periodo de seguimiento (6-12 semanas).

INFILTRACIONES DE TOXINA BOTULÍNICA

La toxina botulínica es una proteína producida por la bacteria anaeróbica *Clostridium botulinum*. Existen siete serotipos (A–G) de neurotoxina botulínica, así como especies recombinantes. El tipo A fue el primero en ser aprobado por la FDA y es el más utilizado en clínica. En pequeñas cantidades, la toxina botulínica A (BTX A) provoca parálisis muscular al bloquear la liberación presináptica del neurotransmisor acetilcolina. Las aplicaciones de este tratamiento se han ampliado considerablemente desde su uso inicial en la década de 1980. En los últimos años, la BTX A se ha utilizado para el tratamiento de dolores musculares y neuropáticos crónicos, como la migraña, el síndrome de dolor miofascial y el síndrome del piriforme (Radovic, 2020).

El trabajo de Babcock et al. (2005), investiga el efecto de las inyecciones de BTX A para tratar la FP mostrando un efecto aparentemente positivo, aunque todavía está lejos de ser un tratamiento de uso convencional.

En el caso de Ahmad et al. (2017), comparan la infiltración BTX A con placebo (inyección de solución salina) y concluyen que el uso de BTX A en la FP mejora de forma significativa la función y el dolor del pie en su serie (n=50). Además apuntaban que este tratamiento también reducía la necesidad de tratamiento quirúrgico de la FP.

El metaanálisis reciente de Acosta-Olivo et al. (2022), apoya que el tratamiento con BTX A en la FP obtiene unos resultados estadísticamente significativos en cuanto a mejoría clínica de la FP.

TRATAMIENTO INVASIVO – TRATAMIENTO QUIRÚRGICO

FASCIOTOMÍA Y LIBERACIÓN DEL GASTROCNEMIO

El tratamiento quirúrgico puede plantearse en los pacientes que no responden a las medidas conservadoras durante un periodo de tiempo igual o superior al año. Existe controversia en cuanto al tipo de procedimiento que pueda obtener el mejor resultado, en parte por la limitación de las series publicadas al respecto (Cutts et al., 2012).

En la fasciotomía, se secciona menos del 50% de la fascia plantar. Como efectos secundarios puede ocurrir un colapso secundario del arco longitudinal plantar y la aparición de dolor en la región lateral del pie por sobrecarga de la columna lateral. Además, en pacientes seleccionados que presenten claros síntomas neuropáticos, se puede realizar simultáneamente una liberación de la rama lateral del nervio plantar (Cutts et al., 2012).

Habitualmente no se garantiza la extracción del espolón calcáneo. En un estudio realizado en cadáveres se objetivó que, en aproximadamente la mitad de los casos, el espolón óseo en realidad no se encontraba en el mismo plano que la fascia plantar, lo que refuerza el hecho de no ser un factor causal de la FP (Barrett et al., 1995).

Existe la opción de realizar el procedimiento quirúrgico de forma endoscópica, lo cual requiere de un equipo cualificado y especializado por lo que aún no está ampliamente extendido. Uno de los riesgos de este tipo de cirugía es la afectación del nervio lateral plantar (Cutts et al., 2012).

En el ensayo controlado y aleatorizado de Johannsen et al. (2020), valoraron la funcionalidad mediante el Foot Function Index (FFI) y el dolor mediante la escala EVA. Encontraron significación estadística a favor del tratamiento quirúrgico endoscópico de la FP respecto a la realización de un programa de rehabilitación supervisado, con un seguimiento de la muestra de dos años.

Por otro lado, según el estudio de Monteagudo et al. (2013), se puede conseguir un alivio indirecto de la fascia plantar mediante la liberación del músculo gastrocnemio, que suele estar acortado, realizando una muesca transversal en la fascia muscular. La tasa de satisfacción del paciente se encuentra en torno al 95 % en el estudio en cuestión.

En el estudio de Abbassian et al. (2012), consideran que la liberación del gastrocnemio es una forma sencilla de tratar al paciente con FP refractaria a tratamiento conservador. En su serie los resultados fueron favorables. Un año después de la operación, el 81% de los pacientes (n = 21) informaron alivio del dolor con una rápida recuperación y una baja morbilidad.

2.4 ONDAS DE CHOQUE EXTRACORPÓREAS

Durante la Segunda Guerra Mundial, se objetivó la fragmentación del tejido pulmonar de los náufragos causada por la explosión de bombas bajo el agua, a pesar de no existir síntomas externos de violencia lo que llevó a la conclusión de que ese suceso era debido al efecto de las ondas de choque. Fue la mujer de un ingeniero quien sugirió la aplicación de estos conocimientos en el tratamiento de los cálculos renales (Wang, 2003).

En 1980, en Munich, se utilizó el primer tratamiento de la litiasis renal mediante litotricia extracorpórea por ondas de choque (Reina Ruiz MC, 2002).

Las aplicaciones de las ondas de choque han ido evolucionando y ampliándose con el paso de los años: la enfermedad de la Peyronie, la pseudoartrosis, las tendinopatías y diversas enfermedades musculoesqueléticas, entre las que se encuentra la FP (Speed et al., 2003; Moretti et al., 2005; Mariotto et al., 2009).

Se han realizado múltiples estudios para investigar el efecto de ESWT en pacientes con FP con una tasa de éxito variable, desde el 34% al 88% (Rompe et al., 1996; Chen et al., 2001; Ogden et al., 2001; Wang et al., 2002). En el estudio de Rompe et al. (1996), concluyeron que ESWT resultaba segura y eficaz en el tratamiento de pacientes con FP. Compararon los resultados de 15 pacientes con FP tratados con 3 sesiones de ESWT, 1000 impulsos/sesión/semana con una DE de $0,06 \text{ mJ/mm}^2$, con un número igual de pacientes tratados con placebo y concluyeron que hubo un alivio significativo del dolor y mejoría de la función en el grupo tratado con ondas de choque.

DEFINICIÓN

Las ondas de choque son ondas acústicas con una presión y duración específicas, capaces de propagarse a través de los tejidos sin perder porcentajes significativos de su energía. Su cadencia es disarmónica, con un tiempo de subida de señal en nanosegundos y un pico de alta presión (González Rebollo, 2016).

En términos físicos se trata de ondas acústicas que poseen las siguientes características, representadas en la figura 36:

- Fase de compresión: altas presiones positivas (p^+) de 10 a 100 megapascales (MPa).
- Tiempo (t) de subida: muy corto, comprendido entre 10-100 nanosegundos.
- Pulso: de corta duración, aproximadamente de 0,2 a 0,5 microsegundos.
- Fase de tensión: compuesta por una caída gradual con una fase de presión negativa (p^-) relativamente baja, alrededor del 10% de la presión máxima (p^+)
- Frecuencia: de espectro amplio, comprendido entre los 16 Hz y los 20 MHz.

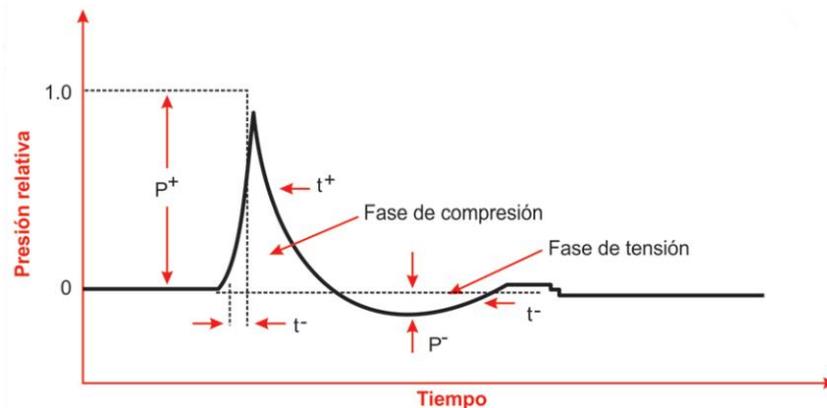


Fig. 36. Representación gráfica de las características físicas de las ondas de choque según se explica en el texto (Tutté Maldonado, 2016).

Este tipo de tecnología permite tratar múltiples patologías, entre ellas las afecciones crónicas dolorosas del sistema músculo-esquelético. En la revisión de Chung and Wiley (2002), evaluaron la aplicación de ESWT en las tendinopatías, y concluyeron que existía una fuerte evidencia sobre la eficacia de ESWT aplicado en la tendinopatía crónica, aunque señalaban que se requerían más investigaciones al respecto para concretar aspectos como: la energía aplicada, el número de pulsos y el número de sesiones.

MECANISMO DE ACCIÓN

EFECTOS FÍSICOS

Las ondas de choque tienen varias formas de actuación sobre los tejidos (González Rebollo, 2016):

- Efecto primario o directo de la onda de choque: la presión positiva y el corto tiempo de ascenso son responsables de este efecto directo. Las fuerzas de tensión y cizallamiento generan cambios mecánicos. El efecto fisiológico responsable de estimular células normales y dañadas para que éstas produzcan factores de cicatrización se denomina *mecanotransducción*.

- Efecto indirecto o secundario de la onda de choque: la onda negativa secundaria es responsable del denominado *fenómeno de cavitación*, que consiste en la formación de burbujas gaseosas que aparecen por el efecto de las variaciones de presión sobre el agua. Esas burbujas después de un tiempo determinado sufren un colapso descontrolado generando ondas de choque secundarias (figura 37). La interacción entre las ondas de choque y las burbujas genera chorros de agua de gran energía y alta temperatura. Si el chorro de agua corre a través de una superficie dura se formará en ésta un orificio. Este fenómeno es el responsable de la destrucción de las calcificaciones.

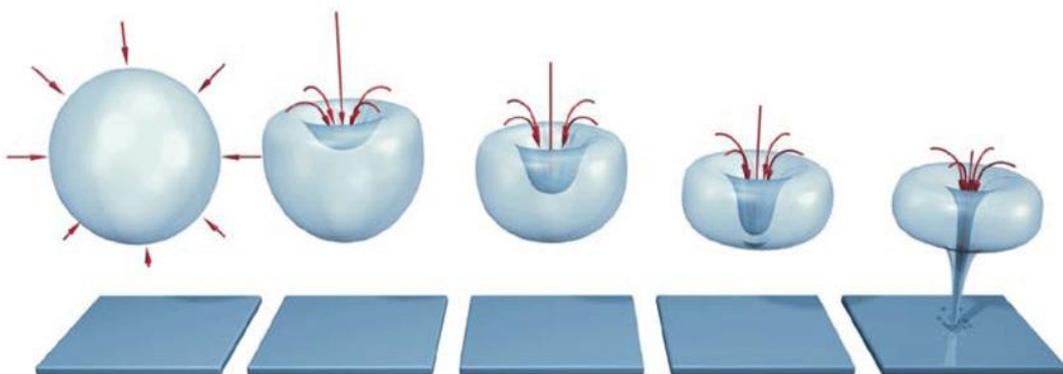
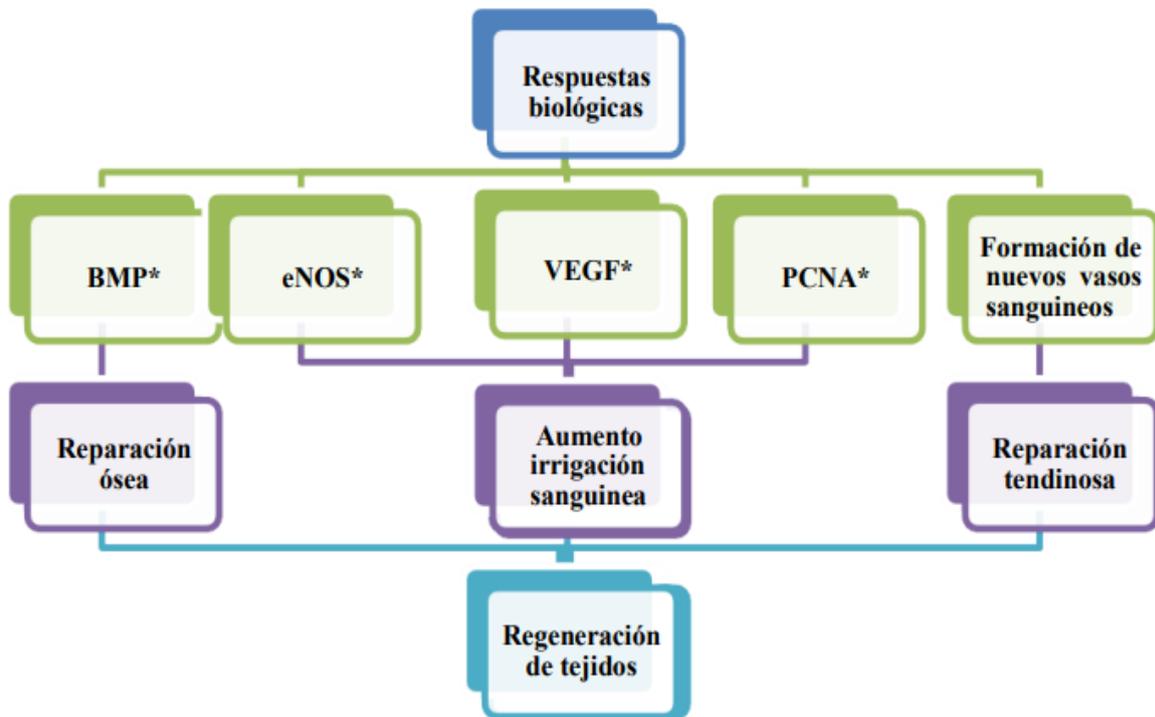


Fig. 37. Ilustración del fenómeno de cavitación (Mediklar, 2020).

EFFECTOS BIOLÓGICOS

Los efectos físicos mencionados causan reacciones biológicas. Los mecanismos por los cuales una señal acústica se convierte en reacción biológica no se comprenden completamente. Lo más aceptado es que la mecanotransducción sea la base de la respuesta biológica. Los efectos biológicos fundamentales de las ondas de choque son los siguientes (González Rebollo, 2016):

- Efecto analgésico:
 - Reducción de fibras nerviosas no mielinizadas (C) e inhibición selectiva.
 - Liberación de endorfinas (inhibición terminaciones nerviosas).
- Estimulación metabólica:
 - Agudización de la patología (aumento temporal de la vascularización, por parálisis simpática inducida).
 - Modulación de la inflamación (degradación de mediadores de la inflamación por la hiperemia inducida).
- Liberación de sustancias activas:
 - Radicales libres (NO) que produce vasodilatación, angiogénesis y efecto antiinflamatorio.
 - Factores de crecimiento.
- Neovascularización
 - Estimulación de la formación de nuevos vasos sanguíneos a nivel local.
- Osteogénesis:
 - Estimulación de los osteocitos, osteoblastos y del periostio (figura 38). En la revisión de Ching-Jen Wang, confirmaron estos efectos biológicos mediante estudios de medicina experimental en Taiwán. Describieron el mecanismo de acción de las ondas de choque como una cascada de interacción entre la energía de la onda de choque y la respuesta biológica (Wang, 2003).



* BMP (Bone Morfogenetic Protein), * eNOS (endothelial nitric oxide synthase),

* VEGF (Vascular Endothelial Growth Factor), * PCNA (proliferating cell nuclear antigen)

Fig. 38. Cascada del mecanismo biológico de las ondas de choque (González Rebollo, 2016).

TIPOS DE ONDAS

Existen dos tipos de ondas de choque extracorpóreas: las focalizadas (FSWT) y las radiales (RSWT). Esta sección describirá las principales características de ambas.

FSWT

Este tipo de onda de choque se denomina focalizado porque el campo de presión que se genera converge en un foco que es ajustable en profundidad según la localización donde se quiera aplicar siendo ese foco el punto donde se alcanza la presión máxima (figura 39a).

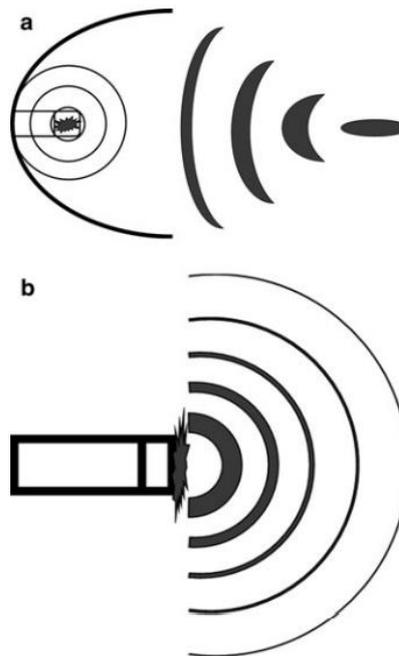


Fig. 39. Representación esquemática de las ondas de choque focalizadas (a) y radiales (b) (Worp et al., 2013).

Existen tres formas de generar ondas de choque focalizadas. Los tres generadores tienen en común que las ondas se generan en el agua (dentro del aplicador); esto es debido a que la impedancia acústica del agua y del tejido biológico es comparable (figura 40). Como resultado de esto, la reflexión es limitada y las ondas se transfieren mejor a los tejidos. Todas ellas dependen de la conversión de energía eléctrica en mecánica. Una diferencia entre estos tres métodos es el momento en el que se forma la onda de choque (Worp et al., 2013).

Los tres mecanismos de generación de las ondas de choque habitualmente usados son los siguientes:

- Electrohidráulico: representan la primera generación de dispositivos de ondas de choque utilizado en Medicina. La onda se produce a partir de una chispa como ocurre en la ignición de los automóviles. A partir de un capacitor cargado se produce una descarga de alto voltaje que a través de electrodos produce un impulso sobre un reflector elíptico que contiene agua. La chispa generada produce calor y vaporiza el agua circundante,

produciendo una burbuja de gas constituida por vapor de agua y plasma, iniciando la onda de presión de manera inmediata (Daniel Moya, 2002).

- Electromagnético: estas ondas de choque son más constantes y controlables que las producidas por el generador electrohidráulico. Este tipo de generador se fija en un cilindro o en una bobina plana o cilíndrica y la energía se enfoca con un reflector parabólico o una lente acústica que, de acuerdo con su distancia focal, determina el foco terapéutico (Daniel Moya, 2002; González Rebollo, 2016).
- Piezoeléctrico: es altamente constante y controlable, se puede concentrar en un área focal extremadamente pequeña. Utiliza un material cristalino que cuando se estimula con electricidad de alto voltaje, puede expandirse o contraerse para iniciar la onda de presión en el fluido circundante. De esta forma, permite dirigir la onda hacia el punto focal seleccionado (González Rebollo, 2016).

RSWT

El término radial hace referencia al campo de presión divergente del dispositivo RSWT, que alcanza la presión máxima ya en la fuente (figura 39b). En este caso no ocurre a una profundidad seleccionada en los tejidos. Este tipo de ondas se generan acelerando un proyectil, mediante aire comprimido, a través de un cañón al final del cual se coloca un aplicador. El proyectil golpea el aplicador y éste transmite la onda de presión generada al cuerpo. A diferencia de las FSWT, las RSWT no se generan en el agua (Worp et al., 2013).

Más exactamente se denomina terapia de ondas de presión (figura 41), ya que una onda de choque es definida como tal, cuando la onda de energía es más rápida que la velocidad del sonido (1500 m/s según la impedancia acústica del cuerpo humano). Las RSWT viajan a una velocidad de unos 10 m/s y su energía no atraviesa más allá de la piel y de las estructuras superficiales de los tejidos lesionados. El flujo de energía más alto ocurre a nivel de la piel y la propagación del campo de presión sigue un patrón divergente (González Rebollo, 2016).

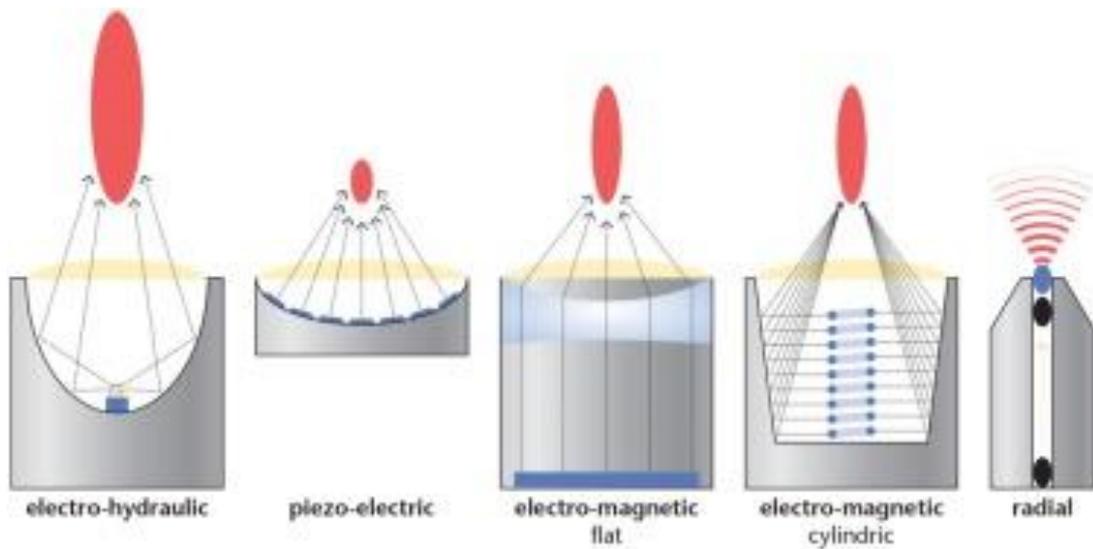


Fig. 40. Diferentes tipos de generadores de FSWT y RSWT (Auersperg and Trieb, 2020).

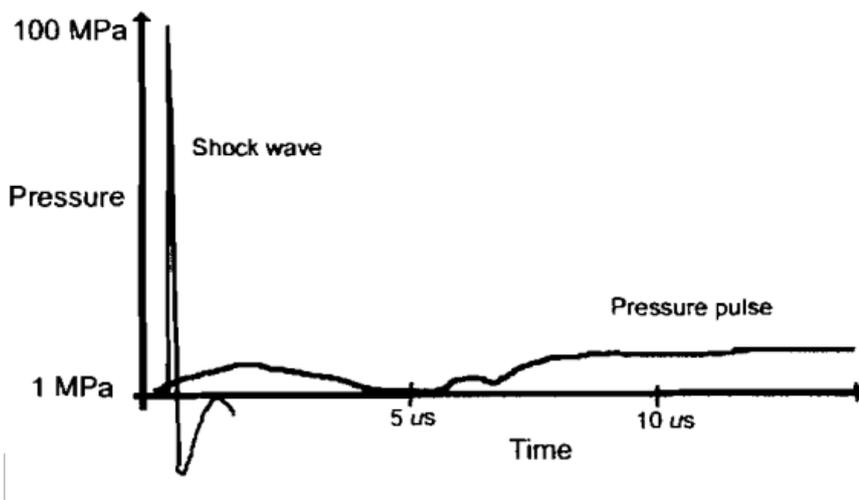


Fig. 41. Representación gráfica sobre la diferencia de presión entre una onda de choque focalizada (Shock wave) y una radial o balística (Pressure pulse) (Mcclure and Dorfmueller, 2003).

PRINCIPALES DIFERENCIAS ENTRE ONDAS DE CHOQUE RADIALES Y FOCALIZADAS

Las principales diferencias entre FSWT y RSWT se resumen en la Tabla VIII. En la figura 42 se representa la profundidad de ambos tipos de onda de choque y su distribución en los tejidos. Una de las principales diferencias, es que las FSWT tienen un foco de acción

terapéutica y alcanzan una profundidad de hasta 15 cm. Su energía puede ser alta, media y baja y se mide en milijulios/mm² (mJ/mm²). Sin embargo, las RSWT, tienen un efecto más superficial y alcanzan de 3 a 3,5 cm de profundidad, no tienen foco de acción, se propagan divergentemente y pierden energía hacia la profundidad. Por eso, las RSWT se consideran más eficaces en patologías superficiales y amplias y también se denominan balísticas o neumáticas, ya que se generan por la inyección de aire comprimido en la pieza de mano, que contiene en su interior un proyectil que choca con un transmisor. Al tratarse de ondas de presión su unidad de medida es el Bar.

TABLA.VIII

DIFERENCIAS ENTRE FSWT Y RSWT. Adaptación de la tabla (González Rebollo, 2016)

CARACTERÍSTICAS ESWT	FOCALIZADAS (FSWT)	RADIALES (RSWT)
Velocidad	1500m/s	10m/s
Presión	100-1000 Bar	1-10 Bar
Generador	Electrohidráulico, Electromagnético y Piezoeléctrico	Balístico o neumático
Duración	300 nanosegundos	1-5 milisegundos
Campo de Acción	Foco preciso	Radial difuso
Profundidad	Regulable en profundidad hasta 15 cm	Superficial hasta 3-3.5 cm

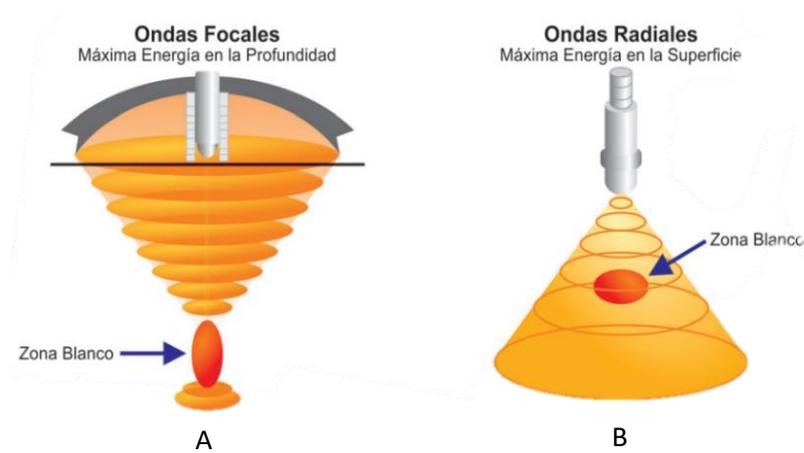


Fig. 42. Zona de actuación de las ondas de choque focales (A) y radiales (B) (Tutté Maldonado, 2016).

PARÁMETROS RELEVANTES DE LAS ONDAS DE CHOQUE

La profundidad o penetración del foco de la onda de choque en los tejidos puede variarse modificando el espesor de la almohadilla de acoplamiento, como se muestra en la figura 43 (González Rebollo, 2016).



Fig. 43. Almohadillas de acoplamiento del generador piezoeléctrico de FSWT, Piezoson 100 plus[®] de Richard Wolf (Wolf, n.d.).

Existen varios parámetros físicos del área focal que deben tenerse en cuenta (Daniel Moya, 2002):

- Presión: la presión generada por la onda de choque con relación al espacio y al tiempo se mide en megapascales (MPa). El campo de presión es máximo en el centro focal y se disipa periféricamente de acuerdo con el mecanismo de generación de la onda.
- Densidad de flujo de energía o DE: se trata de la energía que se alcanza en el punto focal y es el valor máximo de energía acústica transmitido a través de un área de 1 mm^2 por cada pulso. Se mide en mJ/mm^2 . Su valor máximo se encuentra en el centro del foco de la onda de choque ya que hacia la periferia el flujo de energía cae en forma proporcional a la caída de la presión.

Los efectos biológicos de las ondas de choque se relacionan con los niveles de DE aplicados. Existen varias clasificaciones, a continuación se describe la clasificación de Rompe (Rompe et al., 1998), que fue la empleada en el presente estudio por ser la más ampliamente reconocida, véase la Tabla IX.

TABLA. IX
CLASIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE ENERGÍA DE LAS ONDAS DE CHOQUE
SEGÚN ROMPE

NIVELES DE ENERGÍA	DENSIDAD DE ENERGÍA (mJ/mm^2)	EFECTO BIOLÓGICO
Baja Energía	0.05 a 0.28	Analgésico
Media Energía	0.28 a 0.59	Estimulación metabólica
Alta Energía	≥ 0.6	Cavitación-Destrucción de depósitos cálcicos

La DE es uno de los parámetros más variables en las publicaciones existentes hasta la fecha. Además, los diferentes niveles de energía también han sido objeto de controversia. Realmente esto es debido a la gran heterogeneidad en los rendimientos de los diferentes generadores existentes en el mercado, así como a la dificultad existente a la hora de medir el efecto de la onda sobre el foco, lo que se practica con unos dispositivos llamados hidrófonos.

- Ángulo de apertura: este parámetro está determinado por el ángulo de un cono formado entre el punto focal y la apertura del dispositivo de emisión. La presión focal y la DE focal serán más elevadas cuanto mayor sea este ángulo de apertura.

- Energía efectiva total: representa la energía total transmitida con un tratamiento de ondas de choque a un determinado punto. Puede definirse como la DE por el número de pulsos y las medidas geométricas del foco.

INDICACIONES

El ESWT está indicado en tendinopatías crónicas en las que el tratamiento conservador convencional resulta insatisfactorio o como alternativa a la cirugía en pacientes con pseudoartrosis. Por lo tanto, es una alternativa no invasiva en casos seleccionados (Moya et al., 2018).

Según la International Society for Medical Shockwave Treatment (ISMST) y la Sociedad Española de Tratamientos con Ondas de Choque (SETOC), podemos establecer las siguientes indicaciones detalladas en la Tabla X.

TABLA. X
INDICACIONES DE LAS ONDAS DE CHOQUE SEGÚN ISMST Y SETOC
(González Rebollo, 2016).

Estándar aprobadas	Usos clínicos comunes empíricamente probados	Indicaciones excepcionales: indicaciones de expertos	Indicaciones experimentales
<ul style="list-style-type: none"> *Tendinopatía calcificante del hombro *Epicondilopatía lateral del codo (codo de tenista) *Síndrome de dolor del trocánter mayor *Tendinopatía rotuliana *Tendinopatía de Aquiles *Fascitis plantar, con o sin espolón calcáneo *Retraso en la cicatrización ósea *Pseudartrosis *Fractura por estrés *Necrosis ósea vascular sin trastorno articular *Osteocondritis disecante (TOC) sin trastorno articular *Heridas cutáneas *Úlceras cutáneas *Quemaduras no circunferenciales 	<ul style="list-style-type: none"> *Tendinopatía del manguito rotador sin calcificación * Epicondilopatía medial del codo *Síndrome de tendinopatía aductora * Síndrome de tendinopatía de Pes-Anserinus * Tendinopatía peronea *Tendinopatías de pie y tobillo * Edema de médula ósea * Enfermedad de Osgood Schlatter: apofisitis del tubérculo tibial anterior * Síndrome de estrés tibial * Síndrome Miofascial *Esguince muscular sin discontinuidad * Celulitis 	<ul style="list-style-type: none"> *Osteoartritis * Enfermedad de Dupuytren * Fibromatosis plantar (enfermedad de Ledderhose) * Enfermedad de De Quervain * Dedo en gatillo * Espasticidad * Polineuropatía * Síndrome del túnel carpiano * Síndrome de dolor crónico pélvico (prostatitis abacteriana) * Disfunción eréctil * Enfermedad de Peyronie * Linfedema 	<ul style="list-style-type: none"> *Isquemia del músculo cardíaco * Lesiones del nervio periférico *Patologías de la médula espinal y el cerebro *Calcinosis cutánea *Enfermedad periodontal * Patologías de la mandíbula * Síndrome de dolor regional complejo (SDRC) * Osteoporosis

CONTRAINDICACIONES

Existen numerosas contraindicaciones y precauciones a tener en cuenta a la hora de poder aplicar las ondas de choque (Daniel Moya, 2002). Las principales contraindicaciones se especifican a continuación y se resumen en la TABLA XI.

TABLA. XI
CONTRAINDICACIONES DE LAS ONDAS DE CHOQUE

Área de aplicación	Alteraciones sistémicas	Alteraciones locales
*Proximidad de grandes vasos *Vísceras huecas: pulmón, intestino... *Tejido nervioso: médula espinal, calota craneana, grandes nervios *Cartílago de crecimiento fértil-inmadurez esquelética	*Trastornos de la coagulación *Tratamiento anticoagulante *Embarazo *Marcapasos	*Lesiones tumorales *Infecciones agudas o crónicas

ÁREA DE APLICACIÓN:

La aplicación sobre áreas cercanas a grandes vasos puede determinar hemorragias y fenómenos de trombosis. Los órganos con contenido gaseoso como el pulmón o los intestinos pueden sufrir rupturas, por lo que está contraindicada la aplicación de ESWT sobre ellos. El efecto sobre el tejido nervioso no está determinado, por lo que no deben aplicarse en zonas cercanas a la médula espinal o sobre la calota craneana. La aplicación directa sobre grandes nervios puede producir lesiones. Sobre el cartílago de crecimiento fértil está contraindicado su empleo, ya que se han comprobado complicaciones en estudios experimentales en ratas.

CONDICIONES GENERALES DEL PACIENTE:

Este procedimiento está contraindicado en pacientes anticoagulados o con trastornos de la coagulación debido al riesgo potencial de hemorragias y formación de hematomas. El embarazo es actualmente una contraindicación, así como el uso de marcapasos, ya que ESWT puede alterar su correcto funcionamiento.

CONDICIONES LOCALES:

La presencia de lesiones tumorales en el área de tratamiento es una contraindicación, ya que se podría favorecer su activación según el nivel de energía aplicado. De la misma manera, podría ser contraproducente su aplicación sobre áreas infectadas, ya que podría complicar el cuadro.

RIESGOS Y COMPLICACIONES DE LAS ONDAS DE CHOQUE

Según la SETOC, la IMST y la Federación Ibero-Latinoamericana de Sociedades y Asociaciones de Ondas de Choque en Medicina e Ingeniería Tisular (ONLAT), los tratamientos (FSWT y RSWT) que son realizados por personal debidamente cualificado, que sigue las recomendaciones de las guías vigentes y los aplica según las indicaciones establecidas, carecen prácticamente de riesgos relevantes.

Las principales complicaciones y efectos secundarios (SETOC, 2020) se detallan a continuación:

- Dolor: ocurre de forma ocasional y suele ser controlado por la comunicación permanente entre médico y paciente, graduando la intensidad y duración del tratamiento, de forma que sea perfectamente tolerable. En algunos casos, puede ser necesario utilizar previamente alguna técnica de anestesia. Tras el tratamiento, se suelen dar instrucciones para paliar el dolor, en caso de producirse posteriormente a la aplicación del mismo.
- Enrojecimiento subcutáneo, equimosis, petequias, hematomas: aparecen en pocas ocasiones y suelen ser muy transitorios (desaparecen a los pocos días).
- Parestesias: en pocas ocasiones aparecen sensaciones de adormecimiento y hormigueos del miembro tratado. También son muy transitorios, ya que ceden al poco tiempo.
- Tinnitus o acúfenos: ocurren en muy pocas ocasiones, en pacientes predispuestos o con alguna patología del oído.

- Mareo, sudoración, náuseas, hipotensión y desvanecimiento durante el tratamiento: sintomatología descrita en muy raras ocasiones.
- Roturas tendinosas: se han descrito muy pocos casos, siempre en situaciones concretas (tendinopatías muy severas, con gran deterioro del tendón).
- Complicaciones del estado general: una técnica correcta en la aplicación de ESWT descarta que se produzcan alteraciones graves del estado general del paciente. Sin embargo, éstas podrían ser desencadenadas en ocasiones excepcionales por los procedimientos complementarios realizados (anestesia, sedación, etc.), y ser favorecidas por múltiples factores asociados, como la edad, ciertas patologías concomitantes y el estado basal de cada paciente.

ONDAS DE CHOQUE EXTRACORPÓREAS EN FASCITIS PLANTAR

La ISMST ha desarrollado una lista de indicaciones clínicas aprobadas en base a la solidez de la evidencia científica. Se adjudica un grado de recomendación A para el uso de ESWT en FP, véase Tabla XII.

El ESWT se utiliza frecuentemente en clínica para el tratamiento de la FP. En la literatura existen varias revisiones sistemáticas y metaanálisis que concluyen que ESWT es seguro y efectivo a largo plazo en comparación con placebo u otros tratamientos conservadores comunes, por lo que se recomienda su uso para tratar la FP (Lou et al., 2017; Li, Lv, et al., 2018; Li et al., 2019; Xiong et al., 2019).

TABLA. XII (Moya et al., 2018).

TABLE II Grades of Recommendations According to Clinical Indications for ESWT						
Pathology	Technology	Studies*				Grade of Recommendation†
		Positive		Negative		
		RCTs	Reviews, Systematic Reviews, and Meta-Analyses	RCTs	Reviews, Systematic Reviews, and Meta-Analyses	
Calcifying tendinopathy of the shoulder	Focused	Gerdesmeyer et al. ⁵⁸ , Cosentino et al. ⁵⁹ , Hsu et al. ⁶⁰ , and Rompe et al. ⁶⁹	Moya et al. ⁵⁵ , Ioppolo et al. ⁶¹ , Bannuru et al. ⁶² , Huisstede et al. ⁶³ , Louwerens et al. ⁶⁴ , Speed ⁶⁵ , and Verstraelen et al. ⁶⁶	Albert et al. ⁵⁶ and Kim et al. ⁶⁷		A
Calcifying tendinopathy of the shoulder	Radial	Cacchio et al. ⁵⁷			Moya et al. ⁵⁵ , Bannuru et al. ⁶² , Huisstede et al. ⁶³ , Speed ⁶⁵ , and Verstraelen et al. ⁶⁶	I
Noncalcifying tendinopathy of the shoulder	Focused or radial			Speed et al. ⁷¹ and Engebretsen et al. ⁷²	Moya et al. ⁵⁵ , Bannuru et al. ⁶² , Huisstede et al. ⁶³ , and Speed ⁶⁵	C
Lateral epicondylopathy of the elbow	Focused or radial	Pettrone and McCall ⁸⁵ , Lee et al. ⁸⁶ , and Radwan et al. ⁸⁷	Thiele et al. ⁸⁰ and Rompe and Maffulli ⁸⁴	Speed et al. ⁷⁹	Sims et al. ⁸¹ , Buchbinder et al. ⁸² , and Dingemanse et al. ⁸³	B
Greater trochanter pain syndrome	Radial	Rompe et al. ⁸⁸ and Furla et al. ⁸⁹	Mani-Babu et al. ⁹⁰			B
Patellar tendinopathy	Focused or radial	Wang et al. ⁹⁶ , Furla et al. ⁹⁷ , and Peers et al. ⁹⁹	Mani-Babu ⁹⁰ , Leal et al. ⁹¹ , Larsson et al. ⁹⁴ , and Everhart et al. ⁹⁸	Zwerver et al. ¹⁰¹ and Thijs et al. ¹⁰²		B
Achilles tendinopathy	Focused or radial	Rasmussen et al. ¹¹⁰ , Furla ¹¹¹ , Furla ¹¹² , Rompe et al. ¹¹³ , and Rompe et al. ¹¹⁴	Mani-Babu et al. ⁹⁰ , Gerdesmeyer et al. ¹⁰⁸ , Al-Abbad and Simon ¹¹⁵ , Kearney and Costa ¹¹⁶ , and Roche and Calder ¹¹⁷	Costa et al. ¹⁰⁹	Scott et al. ¹⁰⁵	B
Plantar fasciitis	Focused or radial	Chunpawong et al. ¹²¹ , Wang et al. ¹²² , Gerdesmeyer et al. ¹²³ , Ibrahim et al. ¹²⁴ , Gollwitzer et al. ¹²⁵ , Ogden et al. ¹²⁶ , Rompe et al. ¹²⁷ , Aqil et al. ¹²⁸ , Saxena et al. ¹³³ , Weil et al. ¹³⁴ , Thomas et al. ¹³⁵ , and Wang et al. ¹³⁶	Dizon et al. ¹³⁰ , Othman and Ragab ¹³¹ , Radwan et al. ¹³² , and Chen et al. ¹³⁷	Buchbinder et al. ¹¹⁹ and Haake et al. ¹²⁰		A
Bone nonunion	Focused	Notarnicola et al. ¹⁵⁵ , Schaden et al. ¹⁵⁷ , and Lyon et al. ¹⁵⁸	Furla et al. ¹⁵⁴ , Kuo et al. ¹⁵⁶ , and Thiele et al. ¹⁶⁰			B

*RCT = randomized controlled trial. †According to Wright¹⁶⁴, grade A indicates good evidence (Level-I studies with consistent findings) for or against recommending intervention; grade B, fair evidence (Level-II or III studies with consistent findings) for or against recommending intervention; grade C, poor-quality evidence (Level-IV or V studies with consistent findings) for or against recommending intervention; and grade I, there is insufficient or conflicting evidence not allowing a recommendation for or against intervention.

Sin embargo, todavía no existe una estandarización en la forma de tratamiento y en la medición de los resultados. En la serie de casos de Leão et al. (2020), se aplicaron cuatro sesiones de ESWT para tratar a 56 pacientes con FP crónica. Evaluaron su efectividad a través

de cuestionarios de dolor, función y calidad de vida (EVA, AOFAS y SF-36 respectivamente) y concluyeron que se trataba de un tratamiento efectivo con un nivel de evidencia 1C.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 DISEÑO DEL ESTUDIO

Considerando la hipótesis y los objetivos previamente marcados, se diseñó un estudio experimental tipo ensayo clínico aleatorizado en grupos paralelos de intervención terapéutica con análisis de superioridad, por intención de tratar y de medidas de eficacia.

3.2 SELECCIÓN DE PACIENTES

POBLACIÓN OBJETIVO

Pacientes diagnosticados de FP en Atención Primaria o Atención Especializada.

POBLACIÓN DE ESTUDIO

En nuestra investigación, el reclutamiento se efectuó a partir de pacientes que acudieron a las consultas externas del Servicio de Medicina Física y Rehabilitación del Hospital Universitario Río Hortega (H.U.R.H.) de Valladolid (España), derivados con diagnóstico de FP desde Atención Primaria o Atención Especializada del Área Oeste de Valladolid en el período de tiempo comprendido desde mayo de 2017 hasta mayo de 2018.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Paciente con edad \geq 18 años.
- Capacidad suficiente para entender las explicaciones acerca de los beneficios potenciales y los riesgos de participación en el estudio.
- Diagnóstico clínico de FP cumpliendo los siguientes criterios:
 - ✓ Dolor a la palpación de inserción calcánea de fascia plantar (área de tuberosidad medial del calcáneo).
 - ✓ Dolor durante los primeros pasos al levantarse de la cama por la mañana o tras estar un período de tiempo sentado.
 - ✓ Duración del cuadro igual o superior a 3 meses en el momento de incorporación al estudio.
- Tratamientos previos:

1. No haber recibido tratamientos previos por este proceso.
2. Haber recibido terapia conservadora aislada o combinada entendiéndose como tal:
 - a) Tratamientos no farmacológicos:
 - ✓ Terapia física: crioterapia, termoterapia, iontoforesis, ultrasonidos...
 - ✓ Fisioterapia: masajes o estiramientos.
 - ✓ Plantillas o taloneras.
 - ✓ Férulas nocturnas.
 - b) Tratamientos farmacológicos:
 - ✓ Analgésicos o antiinflamatorios tópicos.
 - ✓ Analgésicos o antiinflamatorios orales.
 - ✓ Infiltraciones con anestésicos locales o corticoides.
 - c) Período de tiempo mínimo tras la aplicación de otros tratamientos:
 - ✓ 6 semanas desde la última infiltración.
 - ✓ 4 semanas desde la última sesión de electroterapia.
- EVA \geq 4 (Landorf et al., 2010).
- Ausencia de intervenciones quirúrgicas a nivel del tobillo y pie afectado.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Deterioro o disminución de la capacidad cognitiva que le impida comprender el procedimiento del estudio.
- Insuficiencia vascular en el talón afecto.
- Enfermedad oncológica maligna con o sin metástasis.
- Osteomielitis (aguda, subaguda o crónica).
- Antecedentes de fractura de calcáneo.
- Terapia inmunosupresora en curso.
- Tratamiento anticoagulante (por ejemplo: acenocumarol)
- Intervención quirúrgica previa en el tobillo y pie afectado.
- Tratamientos previos con ondas de choque en el talón afectado.

- Embarazo.
- Infección en el área a tratar.
- Historia o prueba documentada de ciatalgia, neuropatía periférica, compresión nerviosa o síndrome del túnel tarsiano.
- Alteraciones neurológicas: déficits sensitivos o motores, alteración de reflejos osteotendinosos.
- Ser portador de marcapasos o dispositivos automáticos implantables (DAI).
- Rechazo a la participación en el estudio por parte del paciente.

3.3 MUESTREO Y GRUPOS DE ESTUDIO

DIAGRAMA DE FLUJO DEL ESTUDIO

De los pacientes con FP inicialmente reclutados se seleccionaron 82, que fueron asignados mediante muestreo aleatorio simple (tabla de números aleatorios) y enmascaramiento ciego para paciente y analizador, a dos grupos de tratamiento que se denominaron: DE media-alta: G12 (15 varones, 26 mujeres; edad promedio 51,5 años; rango 34 a 67 años) y DE media-baja: G7 (11 varones, 30 mujeres; edad promedio 51,0 años; rango 28 a 66 años).

Durante el seguimiento hubo hasta 16 pérdidas, de 7 a 9 por grupo; los criterios de eliminación fueron los siguientes:

- No completar la intervención (caso de un paciente del grupo DE media-baja (G7))
- No acudir a alguna o a ninguna de las revisiones posteriores al tratamiento (opción ocurrida en ambos grupos de estudio).

Una vez realizado el reclutamiento de los pacientes y la asignación a los grupos de intervención (G7: DE media-baja y G12: DE media-alta) se realizó un seguimiento de 6 meses y se procedió al análisis de los datos según se detalla en el diagrama de flujo de la figura 44.

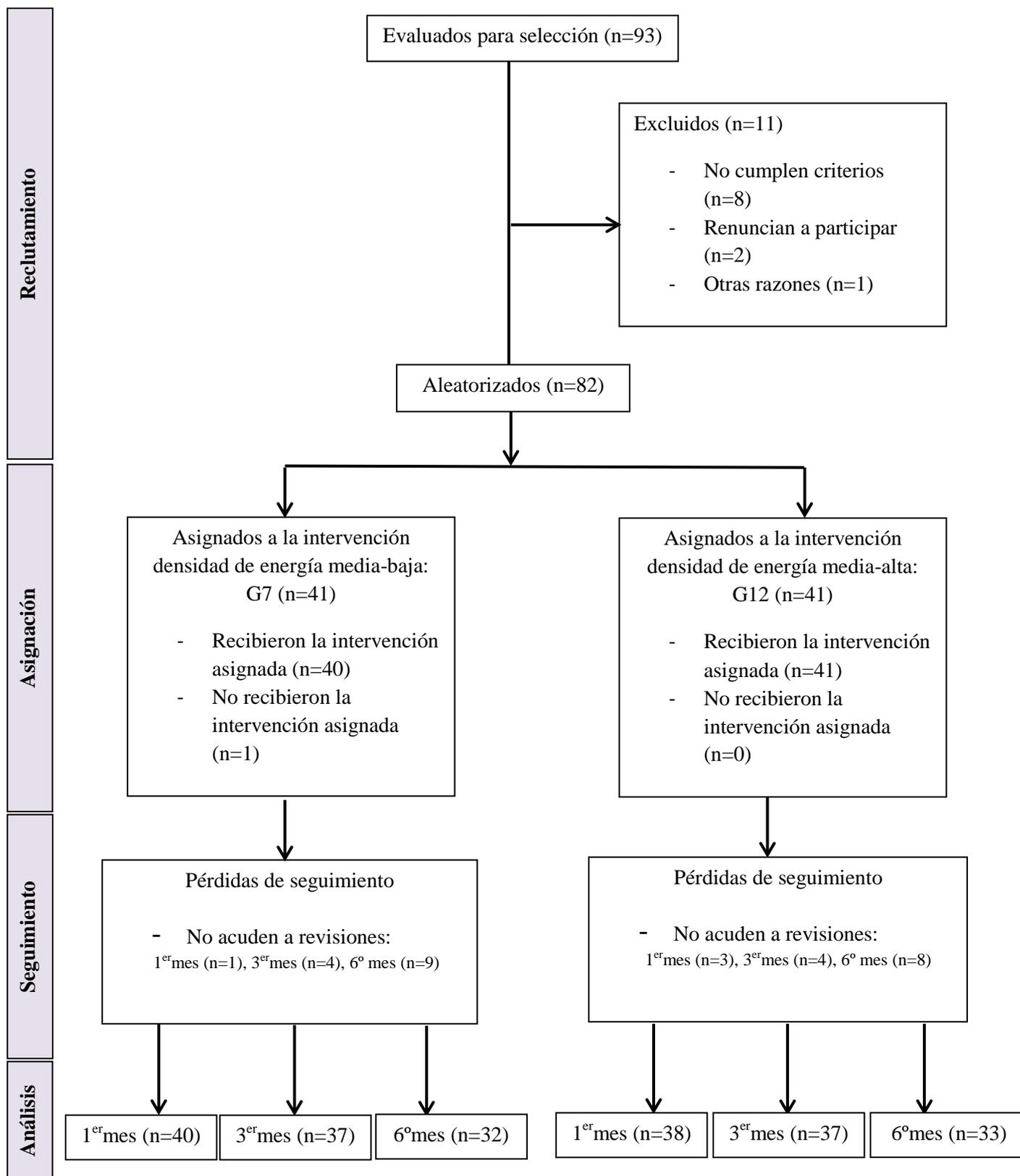


Fig. 44. Diagrama de flujo por fases del ensayo clínico aleatorizado paralelo, de dos grupos (reclutamiento, asignación de la intervención, seguimiento y análisis).

GRUPOS DE ESTUDIO

El parámetro en el que centramos nuestra investigación es la DE de las ondas de choque focalizadas en el tratamiento de la FP.

En la Tabla XIV se exponen las densidades de energía utilizadas según la clasificación de Rompe (Rompe et al., 1998). Se especifica la relación entre éstas y la intensidad del generador piezoeléctrico (Piezoson 100 plus®).

TABLA. XIV
RELACIÓN ENTRE INTENSIDAD Y DENSIDAD DE ENERGÍA DEL TRATAMIENTO CON ONDAS DE CHOQUE FOCALIZADAS POR GRUPOS

Grupo de estudio	Intensidad	Densidad de energía (mJ/mm ²)
G7	7	0.27
G12	12	0.59

Se utilizó una DE terapéutica que fue aplicada de forma indistinta por el clínico, según la aleatorización correspondiente, en la totalidad de la muestra. No existió ningún grupo placebo o que quedase sin recibir tratamiento por no considerarlo una opción éticamente aplicable.

Los dos grupos de intervención del estudio, tal y como se ha expuesto en la Tabla XIV, vienen determinados por la DE de las ondas de choque para el tratamiento de la FP. Este parámetro se correlaciona con la intensidad del generador de ondas de choque focalizadas Piezoson100 plus® lo que ayuda a simplificar la denominación de los grupos tal y como se describe a continuación.

- Grupo DE media-baja o G7: recibieron FSWT con una intensidad de 7, que corresponde a una DE media-baja según la clasificación de Rompe (Rompe et al., 1998).
- Grupo DE media-alta o G12: recibieron FSWT con una intensidad de 12, que corresponde a una DE media-alta según la clasificación de Rompe (Rompe et al., 1998).

3.4 PROTOCOLO DEL ESTUDIO

A continuación, en la figura 45, se detalla el protocolo del estudio con sus diferentes fases que se tratarán en profundidad a lo largo de este apartado.

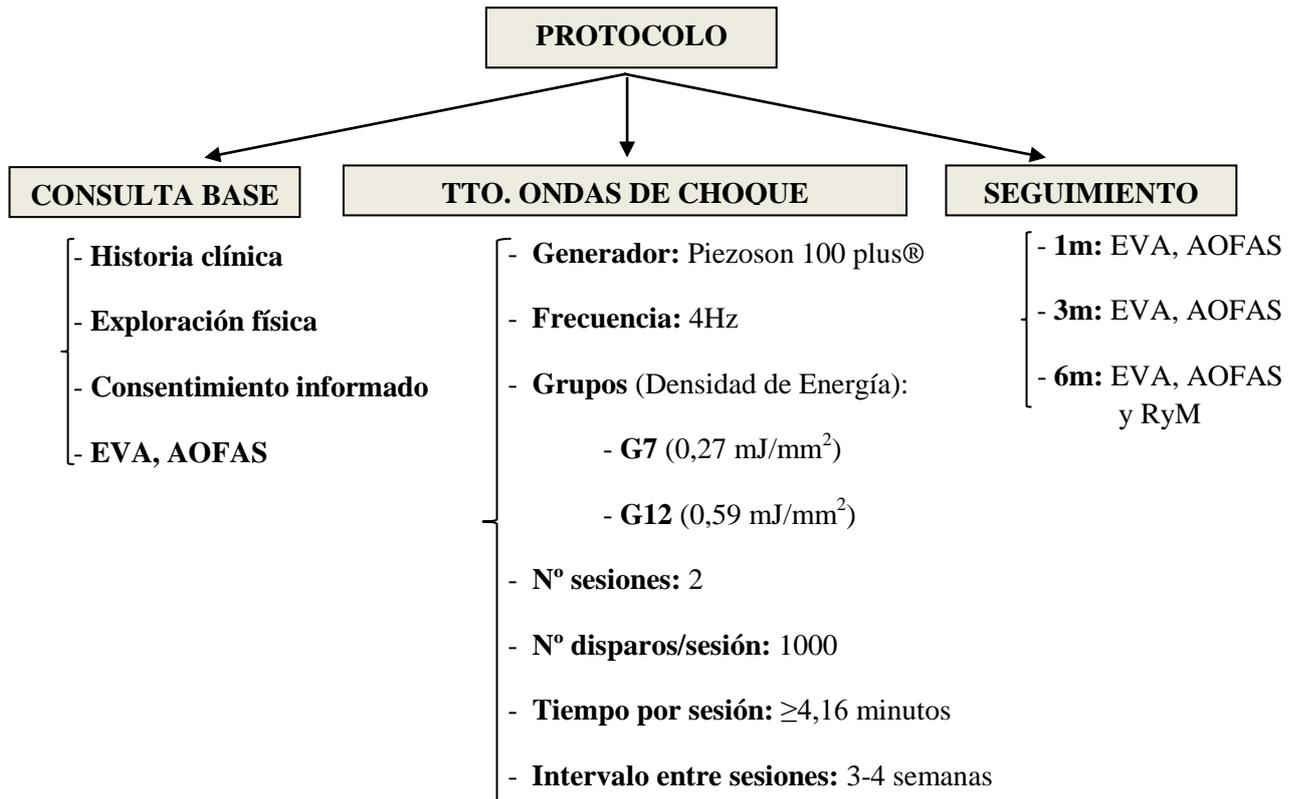


Fig. 45. Resumen del protocolo de estudio con sus diferentes fases: consulta base, tratamiento y seguimiento.

MATERIAL

- Generador: dispositivo de ondas de choque piezoeléctrico Piezason 100 plus® de Richard Wolf.
- Theraband®: bandas elásticas para ejercicio de fortalecimiento domiciliario.
- Camilla: regulable eléctricamente en altura, para el correcto posicionamiento del paciente.

- Sabanilla: compuesta de 100% algodón reutilizable que evita el contacto directo del paciente con la camilla.
- Guantes de examen de nitrilo sin polvo, de un solo uso, no estériles, sin látex, Mediguard Special Nitrile, MEDLINE®.
- Gel para transmisión de ultrasonidos, transonic gel®.

PERSONAL INVESTIGADOR

La Dra. Ana María González Rebollo, Licenciada Especialista en Medicina Física y Rehabilitación y directora de este proyecto, junto con la presente, autora del mismo, realizamos de forma conjunta el reclutamiento de los pacientes, así como la anamnesis, exploración, recogida de datos sociodemográficos y cuestionarios correspondientes a la consulta base.

En la fase de tratamiento, aplicamos FSWT a los pacientes incluidos en el estudio con las dos densidades de energía determinadas (G7: 0,27 mJ/mm² y G12: 0,59 mJ/mm²).

Finalmente, realizamos un seguimiento de los pacientes en la Consulta Externa de Rehabilitación al primer, tercer y sexto mes posteriores a la intervención. En las revisiones, recogimos los datos de los diferentes cuestionarios de seguimiento de la investigación.

La recopilación y procesamiento de los datos de la consulta base, del tratamiento y del seguimiento, así como el análisis e interpretación de los resultados obtenidos de las variables de estudio analizadas fueron llevados a cabo por la autora de esta memoria.

CONSULTA BASE

En esta primera visita o consulta base (CB), se llevó a cabo el reclutamiento de los pacientes del estudio.

A todos ellos se les realizó una anamnesis y exploración física completas en la Consulta Externa de Rehabilitación.

Una vez comprobado el cumplimiento de los diferentes criterios de inclusión, se les explicó minuciosamente el objetivo y funcionamiento de la investigación, que la participación era voluntaria y que podrían interrumpirla en cualquier momento.

Para facilitar la comprensión de la investigación se redactó una hoja informativa para los pacientes (ANEXO 1) que se entregó junto con el consentimiento para participar en el estudio (ANEXO 2).

Por otro lado, la información sociodemográfica de la muestra y los resultados de los diferentes cuestionarios se apuntaron en las hojas de recogida de datos específicas para cada momento de la investigación (ANEXO 3A-C).

Además, se facilitó una guía de recomendaciones y ejercicios básicos para la FP (ANEXO 4); en ella se indicaban diferentes medidas generales para combatir la sintomatología de la FP, así como ejercicios de estiramiento de la fascia plantar y del tríceps sural, y ejercicios de fortalecimiento de musculatura intrínseca y extrínseca del pie.

Se recomendó el inicio de un programa domiciliario de ejercicios con Thera-band[®]. En la consulta base se les facilitó una banda elástica de una resistencia media-baja (colores rojo/verde) según la condición física basal del paciente. Este tipo de cintas elásticas se componen de látex y se utilizan para el fortalecimiento muscular pero también resultan de utilidad para incrementar la resistencia, la movilidad y la flexibilidad del aparato locomotor. Existen siete resistencias diferentes según el color, tal y como se especifica en la Tabla XV. El avance a lo largo del sistema lineal de resistencia progresiva clasificado por colores de Thera-band[®], a su vez, sirve de retroalimentación positiva para el paciente y suele correlacionarse con el reacondicionamiento físico de la zona que se esté trabajando (Fisioshop, n.d.).

TABLA. XV

Clasificación de Thera-band® (Fisioshop, n.d.)

		Resistencia en kg						
		Amarillo	Rojo	Verde	Azul	Negro	Plata	Oro
Porcentaje de elongación	25 %	0,5	0,7	0,9	1,3	1,6	2,3	3,6
	50 %	0,8	1,2	1,5	2,1	2,9	3,9	6,3
	75 %	1,1	1,5	1,9	2,7	3,7	5,0	8,2
	100 %	1,3	1,8	2,3	3,2	4,4	6,0	9,8
	125 %	1,5	2,0	2,6	3,7	5,0	6,9	11,2
	150 %	1,8	2,2	3,0	4,1	5,6	7,8	12,5
	175 %	2,0	2,5	3,3	4,6	6,1	8,6	13,8
	200 %	2,2	2,7	3,6	5,0	6,7	9,5	15,2
	225 %	2,4	2,9	4,0	5,5	7,4	10,5	16,6
	250 %	2,6	3,2	4,4	6,0	8,0	11,5	18,2

Para valorar la situación basal de la muestra, y una vez explicados los cuestionarios, se solicitó a los pacientes incluidos en el estudio la cumplimentación de las escalas EVA (ANEXO 5) y AOFAS (ANEXO 6).

TRATAMIENTO

Los más de 55 años de existencia de Richard Wolf GmbH de Knittlingen (Alemania), permiten hacer balance del desarrollo de la medicina a lo largo de más de medio siglo. Uno de los fundamentos de la empresa Wolf es la endoscopia que suministra la base de las terapias mínimamente invasivas. Mediante el desarrollo del litotritor extracorpóreo basado en el principio piezoeléctrico de las ondas de choque, esta empresa ha realizado un aporte esencial a la terapia no invasiva en el tratamiento de la litiasis (Wolf, n.d.).

Como se ha mencionado en el material empleado, para el FSWT se utilizó el dispositivo Piezoston 100 plus®, un generador piezoeléctrico compacto de ondas de choque de Richard Wolf GmbH de Knittlingen (Alemania), realizado en tecnología de doble capa piezoeléctrica que crea un área focal de gran precisión, la cual permite un tratamiento selectivo y exacto, sin afectar los tejidos o las regiones adyacentes. Según la indicación concreta, este aparato permite seleccionar entre un tratamiento con aplicación de energía a bajo, medio o alto nivel, gracias a la posibilidad de dosificación exacta de la intensidad, como se especificará más adelante.

Este generador (figura 46) es un aparato de mesa, pequeño y de alto rendimiento que presenta numerosas aplicaciones musculoesqueléticas. El núcleo del sistema lo constituye el generador piezoeléctrico compacto de ondas de choque de WOLF realizado en tecnología de doble capa piezoeléctrica. Su vida útil es de al menos 5 millones de disparos y permite trabajar sobre áreas amplias con escaso acúmulo de DE a nivel superficial (cutáneo).



Fig. 46. Generador de ondas de choque focalizadas Piezoson 100 plus® (Richard Wolf).

Su manejo es sencillo gracias a la unidad de mando y visualización de multifunciones situada en el frontal del dispositivo. Además, dispone de la posibilidad de manejo desde dicho frontal y a cierta distancia gracias a los pedales que trae incorporados.

A través de un enchufe múltiple es posible acoplar diferentes unidades de aplicación de ondas de choque con membranas rellenas de gel de diferentes diseños.

Esas unidades de aplicación con membranas rellenas de gel, sin agua, permiten la modificación de la profundidad de penetración de las ondas de choque gracias al uso de almohadillas de gel de diferente altura que se fijan y sueltan mediante un cierre de tipo bayoneta (figura 47).

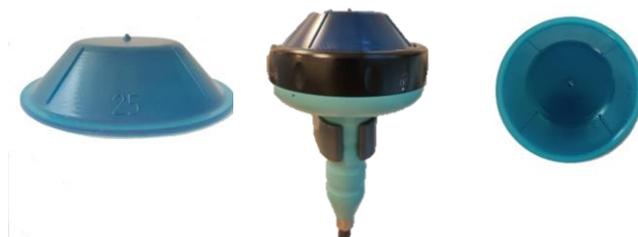


Fig. 47. Almohadilla de acoplamiento y aplicador empleados.

Según la patología a tratar, el dispositivo permite seleccionar entre diversos niveles de intensidad que se correlacionan con la DE y la presión positiva (p+), según se expone en la Tabla XVI.

TABLA. XVI

Relación entre la intensidad, la densidad de energía y la presión positiva del generador Piezoson 100 plus® (Richard Wolf) (Rioja Toro, 2011)

INTENSIDAD	DENSIDAD DE ENERGÍA (mJ/mm^2)	PRESIÓN POSITIVA (MPa)
1	0.05	20
2	0.08	22
3	0.11	24
4	0.15	26
5	0.19	28
6	0.22	31
7	0.27	34
8	0.32	38
9	0.37	43
10	0.43	50
11	0.50	56
12	0.59	64
13	0.68	72
14	0.78	80
15	0.88	90
16	0.99	99
17	1.10	109
18	1.23	119
19	1.34	130
20	1.48	140

Pese a ser un procedimiento seguro y eficaz, se especificó a cada paciente que durante la aplicación de la técnica, experimentaría una sensación dolorosa que sería variable según el umbral de tolerancia individual. Como posibles efectos secundarios podría agudizarse el dolor post-tratamiento o aparecer un leve hematoma en la zona de aplicación.

A todos los pacientes se les explicó el tratamiento y se les facilitó la información necesaria para la comprensión del mismo. Además, se especificaron los riesgos y precauciones a tener en cuenta, para lo que se les hizo entrega de un documento de consentimiento informado específico para la aplicación de las ondas de choque (ANEXO 7).

Como FSWT suele resultar subjetivamente doloroso, uno de los datos que se recogió fue la percepción de dolor durante el tratamiento. Para ello, se utilizó la escala EVA (ANEXO 5). Esta información se recogió en la primera y en la segunda sesión para cada paciente incluido en el estudio.

El protocolo de tratamiento, detallado en la figura 45, consistió en la aplicación de 2 sesiones de FSWT, con un intervalo de tiempo transcurrido entre ambas de unas 3-4 semanas. No se utilizó anestesia local.

Se situó al paciente en decúbito prono con el pie afectado en ligera flexión plantar (postura de reposo) como se muestra en la figura 48. Se aplicaron 1000 disparos por sesión (2000 disparos en total). La frecuencia máxima del generador fue de 4 Hz. La membrana de acoplamiento utilizada en la sonda fue la número 25. Dicha membrana se impregnó con gel conductor para evitar la reflexión y la refracción de la onda ultrasónica por la interposición de aire.

Durante el tratamiento la sonda fue desplazada sobre la superficie del talón afectado, incidiendo sobre la región más dolorosa (previamente localizada por palpación).



Fig. 48. Posición del paciente durante el tratamiento con ondas de choque focalizadas para FP.

SEGUIMIENTO

Posteriormente a la finalización de las sesiones de FSWT, se realizaron varias revisiones médicas en Consulta Externa de Rehabilitación. Éstas se llevaron a cabo al primer, tercer y sexto mes posteriores a la fecha de la segunda sesión de tratamiento.

Durante las visitas de seguimiento se evaluaron las diferentes variables de estudio con los cuestionarios que se especifican a continuación:

REVISIÓN PRIMER MES

En la revisión del primer mes se valoraron el dolor y la funcionalidad mediante las escalas EVA (Landorf et al., 2010) y AOFAS (Ceccarelli et al., 2014) respectivamente.

REVISIÓN TERCER MES

En la revisión del tercer mes se valoraron el dolor y la funcionalidad mediante las escalas EVA (Landorf et al., 2010) y AOFAS (Ceccarelli et al., 2014) respectivamente.

REVISIÓN SEXTO MES

En la revisión del sexto mes se valoraron el dolor y la funcionalidad mediante las escalas EVA (Landorf et al., 2010) y AOFAS (Ceccarelli et al., 2014) respectivamente.

En esta revisión finalmente, se evaluó el grado de satisfacción de los pacientes mediante la escala Roles y Maudsley (RyM) (Roles and Maudsley, 1972; Roca et al., 2016).

3.5 VARIABLES ANALIZADAS

Las variables clínicas principales del estudio se especifican a continuación:

- Intensidad del dolor de la FP: medida mediante la escala EVA (ANEXO 5). Se valora el dolor percibido por el paciente causado por la FP en los distintos momentos del desarrollo del estudio.

La escala EVA es una escala de valoración que se divide en 11 puntos, de 0 a 10, correspondiendo el 0 a la ausencia de dolor y el 10 al máximo dolor que el paciente pudiera imaginarse. Es la escala más utilizada en los trabajos que estudian el efecto de las ondas de choque en la FP (Landorf et al., 2010). Está considerada como “el método cuantitativo del dolor por excelencia en la clínica y la escala considerada más efectiva, práctica y fiable” (Covey and Mulder, 2013). Debido a ello, es la escala más utilizada para la evaluación del dolor en el contexto clínico (Goff and Crawford, 2011).

- Funcionalidad del pie: medida mediante la escala AOFAS (ANEXO 6). Esta escala incorpora información tanto subjetiva como objetiva. Los pacientes puntúan su dolor, y los facultativos evalúan la alineación del tobillo-pie afectado para así completar la parte funcional. Las puntuaciones oscilan entre 0 y 100, considerando 100 el tobillo-pie sano. A pesar de no encontrarse validada para FP, resulta de utilidad para evaluar los niveles articulares: subtalar, talonavicular y calcaneocuboidea (Ceccarelli et al., 2014), que suelen verse afectados en esta patología.
- Grado de satisfacción final: una vez finalizado el seguimiento, se valora mediante la escala de Roles y Maudsley (ANEXO 8). Esta escala de valoración funcional autoadministrada,

distingue cuatro categorías de clasificación según el nivel de satisfacción/calidad de vida: excelente, bueno, regular y malo (Roles and Maudsley, 1972). No ha sido validada para la patología del pie, pero ha sido utilizada en numerosos estudios para evaluar la eficacia de las ondas de choque en la FP (Roca et al., 2016).

- Evaluación de la intensidad de dolor percibida con el tratamiento: medida mediante la escala EVA. Como se ha descrito con anterioridad, esta escala de valoración se divide en 11 puntos, solicitándose al paciente que valore de 0 a 10 el dolor que ha percibido durante la aplicación de FSWT; el valor 0 correspondería a la percepción nula de dolor mientras que el valor 10 correspondería al máximo dolor imaginable por el paciente.

3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico descriptivo, la normalidad de las variables cuantitativas fue establecida con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Las variables de distribución normal fueron descritas como media \pm desviación estándar y las de distribución no normal discretas como mediana y rango intercuartílico. Por su parte, las variables cualitativas fueron descritas mediante la tabla de frecuencias absolutas y relativas (porcentajes) de sus categorías. Finalmente, se utilizaron diagramas de cajas para representar las variables cuantitativas. En el análisis bivalente, para estudiar la asociación entre variables cualitativas se utilizó la prueba de Chi cuadrado o razón de verosimilitud (más de 2 categorías). Para estudiar las diferencias entre medias independientes se utilizó la prueba de la t de Student no pareada o la U de Mann-Whitney, dependiendo de las condiciones de aplicación (normalidad), para 2 grupos. Para valorar las diferencias entre medias relacionadas (basales frente a evolución) se utilizó la prueba t de Student pareada (para variables normales según el test de Kolmogorov-Smirnov) o la de Wilcoxon (para variables no normales). El nivel de significación se estableció, para todas las pruebas, en una $p < 0,05$.

3.7 ASPECTOS ÉTICOS

Este trabajo fue aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica (CEIC) del Área de Salud de Valladolid Oeste. Se llevó a cabo de conformidad con todas las leyes y normativas aplicables, de acuerdo a los principios éticos internacionales, fundamentalmente la Declaración de Helsinki (Fortaleza, Brasil, 2013) y las Normas de Buena Práctica Clínica Epidemiológicas de la ICH (International Conference of Harmonization). Los datos fueron tratados con absoluta confidencialidad, según la Ley Orgánica 15/1999 del Gobierno Español, de 13 de diciembre, de protección de datos de carácter personal. Se obtuvo la firma de consentimiento informado para la participación en el estudio y para la aplicación del tratamiento con ondas de choque focalizadas.

En la totalidad de la muestra se utilizó una densidad de energía terapéutica que fue aplicada de forma indistinta por el clínico según la aleatorización correspondiente. No existió ningún grupo placebo o que quedase sin recibir tratamiento por no considerarlo una opción éticamente aplicable.

4. RESULTADOS

4.1 EVALUACIÓN DEL SESGO DE LA MUESTRA

Inicialmente se comprobó la ausencia de sesgos por sexo, edad, IMC, profesión de riesgo (entendida como bipedestación prolongada, deambulación prolongada, trabajo de carga de pesos, etcétera), calzado de seguridad, espolón calcáneo, lateralidad, deporte de riesgo (entendido como deporte de impacto sobre el talón) y tratamientos previos para la FP, según se detalla en la Tabla XVII.

TABLA. XVII
TABLA SOCIODEMOGRÁFICA POR GRUPOS DE ESTUDIO

Sesgo	Grupo de Estudio		P	
	G7(n=41)	G12(n=41)		
Sexo	Hombre	11	15	NS*
	Mujer	30	16	
Edad Media años (rango)		51.0 (28-66)	51.5 (34-67)	NS*
IMC MEDIA		28,4	27,6	NS*
Profesión de Riesgo	Sí	28	28	NS*
	No	13	13	
Calzado de Seguridad	Utiliza	7	9	NS*
	No utiliza	34	32	
Espolón Calcáneo	Presente	21	26	NS*
	Ausente	20	15	
Lateralidad FP	Derecha	17	20	NS*
	Izquierda	24	21	
Deporte de Riesgo	Practica	30	27	NS*
	No practica	11	14	
Tratamientos Previos para FP	Sí	39	39	NS**
	No	2	2	

*Test estadístico t de Student; **Test estadístico Chi cuadrado**; NS: No Significativo ($p < 0,05$).

Además, se verificó que ambos grupos (G7 y G12) partían de una situación basal similar en cuanto a dolor y funcionalidad, no existiendo diferencias significativas entre ellos teniendo en cuenta la puntuación de las escalas principales del estudio, según se muestra en la figura 49.

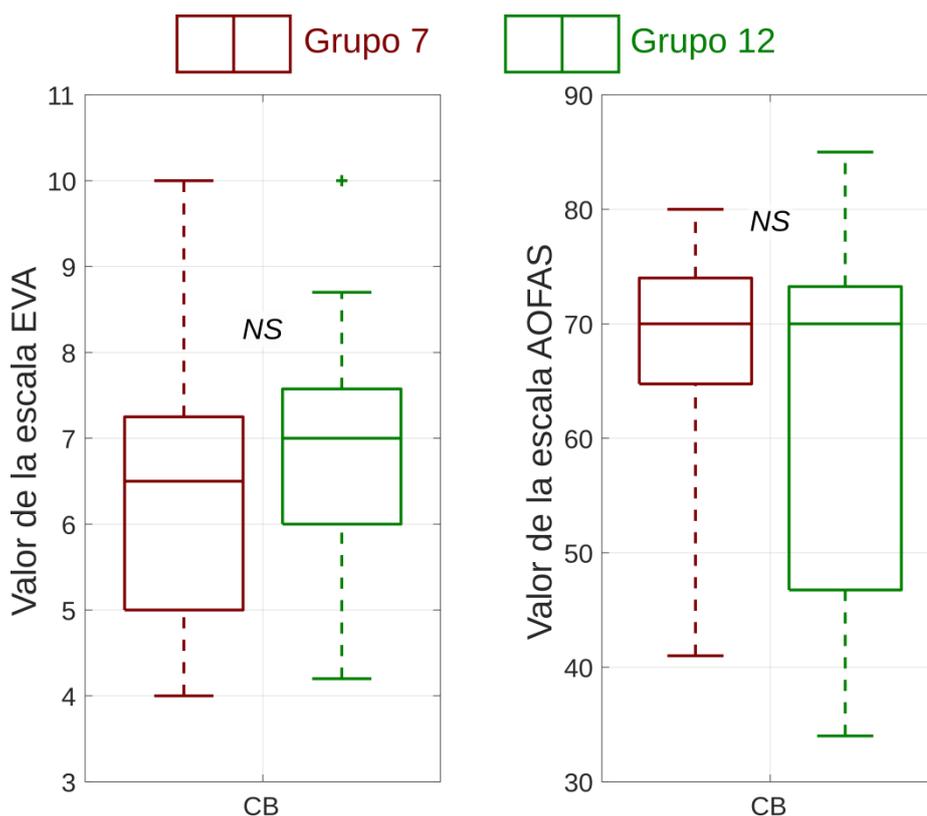


Fig. 49. Evaluación del sesgo en la consulta base (CB) según ambas escalas, EVA y AOFAS. Las cajas representan los percentiles 25 y 75 junto con el valor mediano, y las barras los valores extremos de la muestra. Las cruces representan valores fuera de rango. NS: No Significativo ($p < 0,05$).

4.2 EVALUACIÓN INDEPENDIENTE DE LA EFICACIA DEL TRATAMIENTO PARA CADA GRUPO (G7-G12)

La eficacia del tratamiento con ambas densidades de energía se comprobó mediante la valoración de la significación estadística correspondiente a la comparación entre las tres visitas de control y la consulta basal entre sí, para las escalas EVA y AOFAS. Los datos por grupo y escala fueron analizados de forma independiente.

Aunque para ambos grupos de estudio los valores de la escala EVA continuaron mejorando desde la revisión de 3 meses hasta la de 6 meses, la significación estadística por grupo fue diferente.

Tal y como se representa en la figura 50, mientras que la mejoría de EVA en ese período en el G12 obtuvo una $p < 0,01$, la misma variable correspondiente al G7 obtuvo una $p < 0,05$.

Escala EVA

		1m 3m 6m				
		<p style="text-align: center;"><0.01 <0.01 <0.01 (38) (37) (33)</p>			CB	Grupo 12
Grupo 7	1m	<0.01 (40)	<p style="text-align: center;"><0.01 <0.01 (37) (33)</p>		1m	
	3m	<0.01 (37)	<0.01 (37)	<p style="text-align: center;"><0.01 (33)</p>		
		6m	<0.01 (33)	<0.01 (33)	<0.05 (33)	
		CB	1m	3m		

Fig. 50. Comparación de los datos de la escala EVA correspondientes a cada visita del seguimiento. En cada casilla: p asociado a la prueba de la t de Student o U the Man-Whitney comprobado con el test de Kolmogorov-Smirnov; entre paréntesis, tamaño muestral.

En el caso de la escala AOFAS, desde la revisión al tercer mes hasta la del sexto mes, continuaron mejorando de forma significativa únicamente los pacientes del G12 ($p < 0,01$), véase figura 51.

Escala AOFAS

		1m 3m 6m				
		<p style="text-align: center;"><0.01 <0.01 <0.01 (38) (37) (33)</p>			CB	Grupo 12
Grupo 7	1m	<0.01 (40)	<p style="text-align: center;"><0.01 <0.01 (37) (33)</p>		1m	
	3m	<0.01 (37)	<0.01 (37)	<p style="text-align: center;"><0.01 (33)</p>		
		6m	<0.01 (33)	<0.01 (33)	NS (33)	
		CB	1m	3m		

Fig. 51. Comparación de los datos de la escala AOFAS correspondientes a cada visita del seguimiento. En cada casilla: p asociado a la prueba de la t de Student o U the Man-Whitney comprobado con el test de Kolmogorov-Smirnov; entre paréntesis, tamaño muestral; NS sombreado en rojo, No Significativo ($p < 0,05$).

4.3 COMPARATIVA POR GRUPOS: EVOLUCIÓN RESPECTO DE LA CONSULTA BASAL

Se realizó una comparativa de las variables de estudio por grupos de intervención valorando la diferencia existente entre los resultados de cada visita respecto de la consulta base.

Existieron diferencias significativas en la mejoría observada en cada visita de control respecto de la consulta base dependiendo de la dosis aplicada (G7 o G12), tanto para EVA (figura 52) como para AOFAS (figura 53).

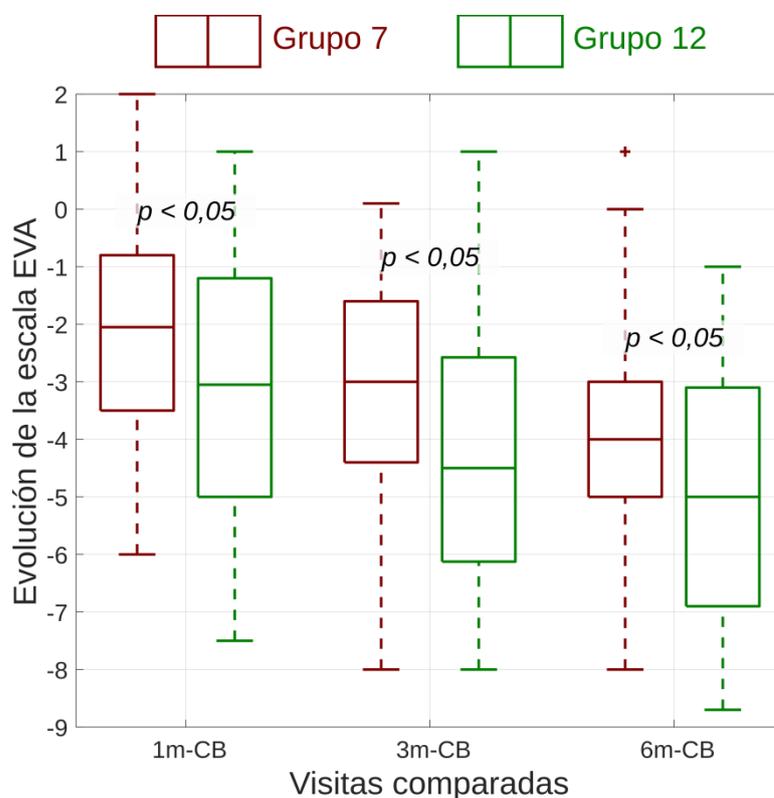


Fig. 52. Evolución diferencial de la puntuación de la escala EVA por grupos de estudio de cada visita de seguimiento respecto a la consulta base (CB). Las cajas representan los percentiles 25 y 75 junto con el valor mediano, y las barras los valores extremos de la muestra. Las cruces representan valores fuera de rango.

En especial, cabe destacar la diferencia existente en la primera visita de control según la escala AOFAS que resultó estadísticamente significativa con una $p < 0,01$ (figura 53).

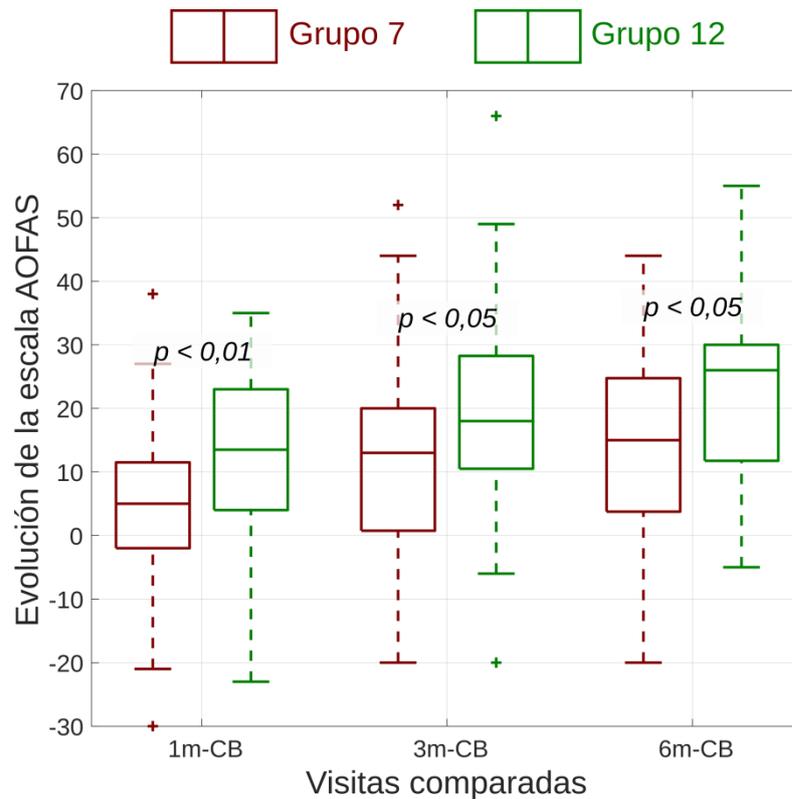


Fig. 53. Evolución diferencial de la puntuación de la escala AOFAS por grupos de estudio de cada visita de seguimiento respecto a la consulta base (CB). Las cajas representan los percentiles 25 y 75 junto con el valor mediano, y las barras los valores extremos de la muestra. Las cruces representan valores fuera de rango.

4.4 COMPARATIVA POR GRUPOS: EVOLUCIÓN DIFERENCIAL

Por su parte, las figuras 54 y 55 objetivan que la principal diferencia entre los resultados clínicos obtenidos para G7 o G12 se produjo al término del primer período de revisión (primera visita de control), sin que pueda aseverarse que la evolución para las sucesivas visitas de control (3° y 6° mes) fuera diferente para ambos grupos. Una vez más, la significación estadística alcanzada para la escala AOFAS ($p < 0,01$) fue superior a la de EVA ($p < 0,05$).

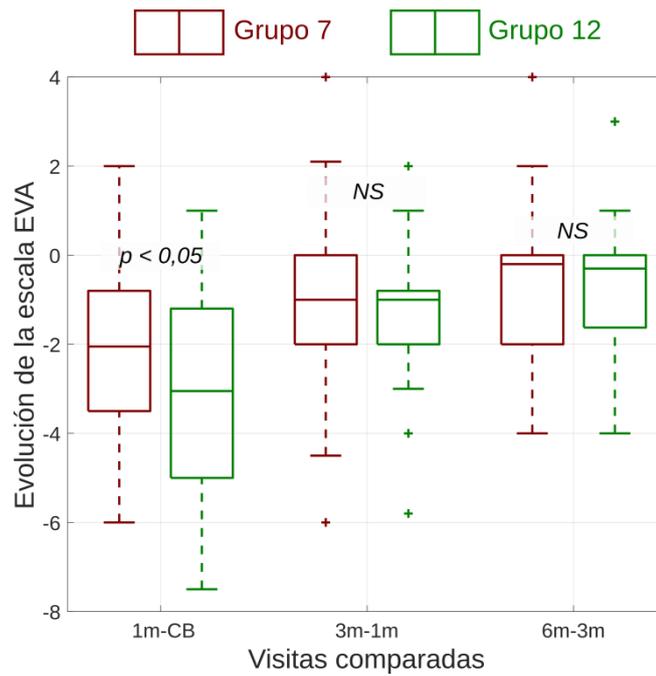


Fig. 54. Evolución diferencial de la puntuación de la escala EVA por grupos de estudio de cada visita de seguimiento respecto a la consulta previa. Las cajas representan los percentiles 25 y 75 junto con el valor mediano, y las barras los valores extremos de la muestra. Las cruces representan valores fuera de rango. NS: No Significativo ($p < 0,05$).

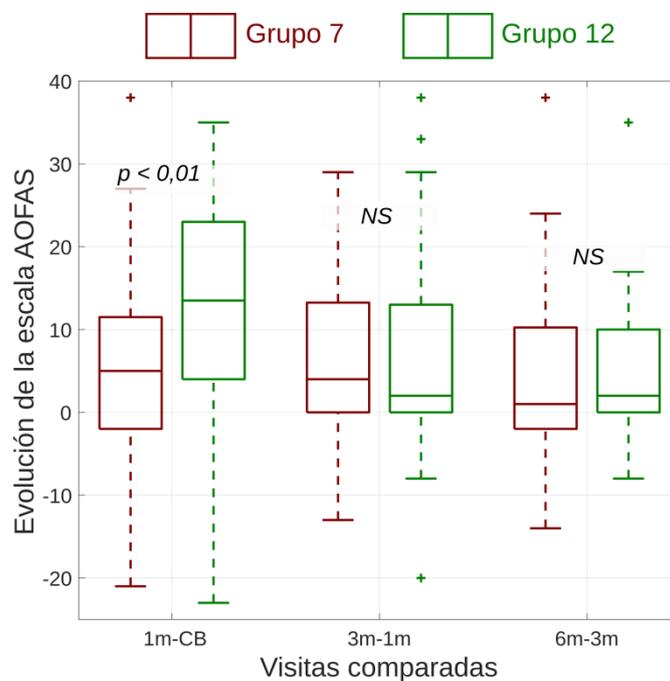


Fig. 55. Evolución diferencial de la puntuación de la escala AOFAS por grupos de estudio de cada visita de seguimiento respecto a la consulta previa. Las cajas representan los percentiles 25 y 75 junto con el valor mediano, y las barras los valores extremos de la muestra. Las cruces representan valores fuera de rango. NS: No Significativo ($p < 0,05$).

4.5 COMPARATIVA POR GRUPOS: SATISFACCIÓN PERCIBIDA

El grado de satisfacción percibida por los pacientes incluidos en el estudio se valoró tras seis meses del fin del tratamiento utilizando la escala de RyM.

Los resultados obtenidos en la muestra, por grupos de intervención, según esta escala se muestran en la Tabla XVIII.

TABLA. XVIII
TABLA DE CONTINGENCIA DE LA ESCALA RyM POR GRUPOS

	Excelente	Bueno	Regular	Malo	Total
G7	6	11	13	2	32
G12	9	17	7	0	33
Total	15	28	20	2	65

Dado que esta escala tipo “Likert” dispone de cuatro opciones de elección, dos de ellas claramente más favorables y dos más desfavorables, se decidió comparar las opciones de satisfacción percibida teniendo en cuenta esa agrupación de resultados: “EXCELENTE/BUENO” respecto a “REGULAR/MALO”.

Tras el análisis de los datos, se objetivó que en el G12 las opciones de satisfacción percibida, “EXCELENTE/BUENO” respecto a las opciones “REGULAR/MALO” existentes en la escala de RyM, fueron elegidas con mayor frecuencia respecto a las señaladas por el G7. La significación estadística de ese resultado obtuvo una $p < 0,05$. En la Tabla XIX se especifican los datos obtenidos en la muestra por grupos de intervención.

TABLA. XIX
TABLA DE CONTINGENCIA ESCALA RyM COMPARATIVA DE LAS OPCIONES EXCELENTE/BUENO RESPECTO REGULAR/MALO POR GRUPOS

$p < 0,05^*$	Excelente/Bueno	Regular/Malo	Total
G7	17	15	32
G12	26	7	33
Total	43	22	65

*Test estadístico: Chi cuadrado

4.6 COMPARATIVA DE LA PERCEPCIÓN DOLOROSA CON EL TRATAMIENTO

Se analizó el resultado de la percepción dolorosa de los pacientes durante el FSWT. Estos resultados se analizaron por sesiones y por grupos de intervención como se especifica a continuación.

ENTRE SESIONES

Se realizó una comparativa de los resultados subjetivos de la percepción del dolor durante FSWT (escala EVA) entre ambas sesiones, por grupo y en el total de la muestra de la investigación, tal y como se representa en la figura 56.

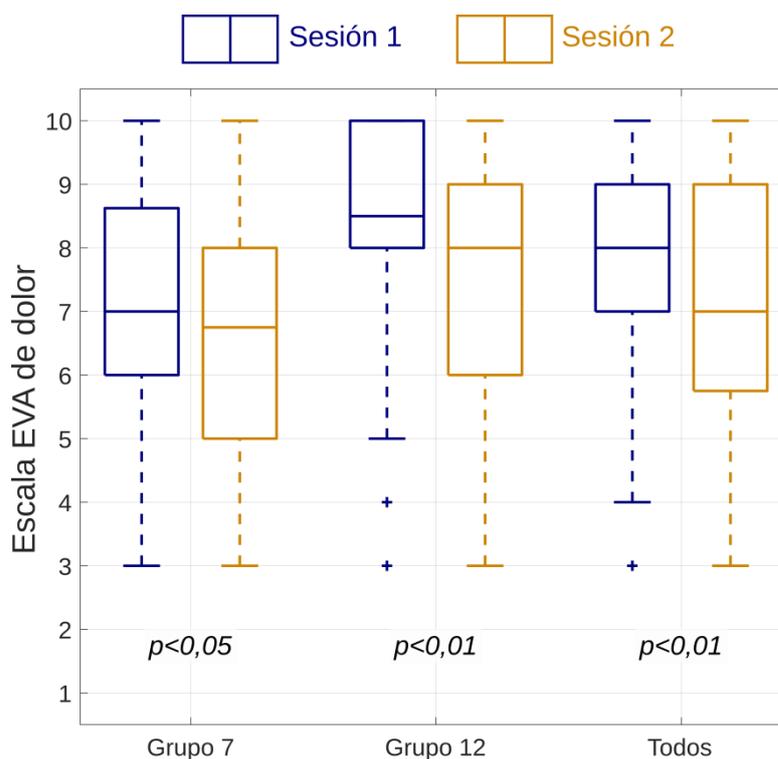


Fig. 56. Evolución diferencial de la puntuación de la escala EVA de dolor con FSWT: primera sesión respecto a segunda sesión por grupos de estudio y en el total de la muestra. Las cajas representan los percentiles 25 y 75 junto con el valor mediano, y las barras los valores extremos de la muestra. Las cruces representan valores fuera de rango.

Tras analizar los datos por grupo de intervención, se objetivó que la primera sesión de FSWT resultaba más dolorosa, obteniendo una significación estadística de $p < 0,05$ para G7 y de

$p < 0,01$ para G12. Por otro lado, el análisis del total de la muestra, afianzaba este resultado ($p < 0,01$).

POR GRUPOS DE ESTUDIO

Se realizó una comparativa de los resultados subjetivos de la percepción del dolor durante las sesiones de FSWT (escala EVA), por grupo de intervención, tal y como se representa en la figura 57.

Se objetivó que el incremento de la DE se correlacionaba con una mayor percepción subjetiva de dolor, con unos resultados estadísticamente significativos ($p < 0,01$) para la comparativa de la primera sesión por grupos de intervención, véase figura 57.

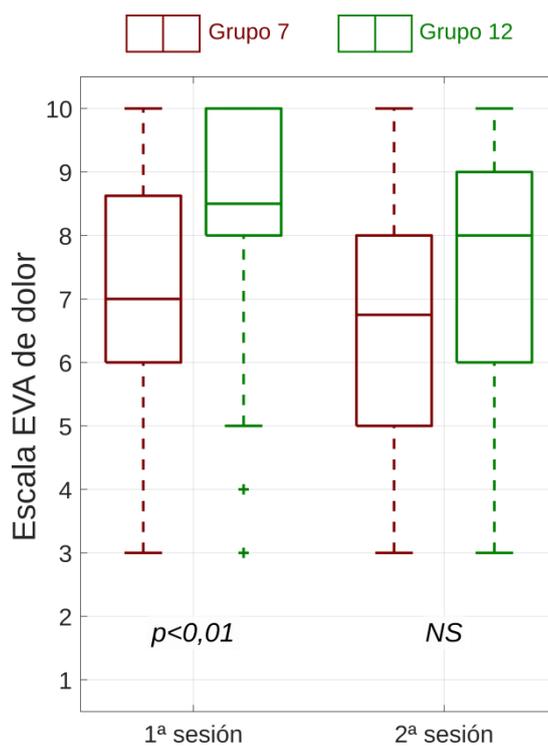


Fig. 57. Evolución diferencial de la puntuación de la escala EVA de dolor con FSWT de cada sesión por grupos de estudio. Las cajas representan los percentiles 25 y 75 junto con el valor mediano, y las barras los valores extremos de la muestra. Las cruces representan valores fuera de rango. NS: No Significativo ($p < 0,05$).

5. DISCUSIÓN

5.1 CARACTERÍSTICAS Y RELEVANCIA DEL ESTUDIO

Este ensayo clínico está diseñado para proporcionar resultados relevantes para la práctica clínica futura, con el objetivo de comparar la eficacia del FSWT utilizando las densidades de energía media-alta y media-baja para el tratamiento de la FP. Nos centramos en el rango de DE media, descartando la DE alta, cuya indicación fundamental es el tratamiento de las calcificaciones y pseudoartrosis, y la DE baja, por su dudoso efecto en la FP según la bibliografía revisada. Analizamos los datos obtenidos de cuestionarios y escalas para valorar dolor, funcionalidad y grado de satisfacción.

La significación estadística obtenida para las diferencias según la escala AOFAS fue en todos los casos mayor que la que se obtiene para EVA. Puesto que la primera incluye tanto valoraciones subjetivas (dolor) como objetivas (funcionalidad), la solidez de las conclusiones que pueden extraerse del correspondiente estudio para AOFAS debería ser, en principio, mayor que para EVA. No obstante, cabe resaltar que los resultados del estudio son completamente consistentes según ambas escalas: en ambos grupos la intervención resulta beneficiosa en la reducción del dolor y mejoría de la funcionalidad del paciente con FP utilizando ambas densidades de energía a largo plazo. Sin embargo, el efecto analgésico es más precoz en el grupo G12 (DE media-alta). Análogamente, la funcionalidad se incrementó en mayor cuantía y con mayor rapidez en ese mismo grupo.

Cabe destacar que en el G12 (DE media-alta), a los 3 y 6 meses se apreció mejoría significativa en ambas escalas estudiadas ($p < 0,01$). Sin embargo, en el G7 (DE media-baja), la significación estadística de la escala EVA en ese período fue de $p < 0,05$ y la escala AOFAS no demostró ninguna mejoría significativa para este grupo.

En la literatura, el generador de ondas de choque focalizadas más utilizado es el electromagnético, como ocurrió en el trabajo de Lee et al. (2013), que utilizó un generador EPOS Ultra (Dornier[®]), donde comparó densidades de energía media ($0,16 \text{ mJ/mm}^2$) y baja ($0,08 \text{ mJ/mm}^2$) en la FP. Cada grupo recibió un número de sesiones diferente. Utilizaron dos

escalas comunes a nuestra investigación (EVA y RyM) y su seguimiento fue de 3 meses. Como novedad, empleamos la AOFAS para una valoración más completa de la evolución de la FP y aplicamos el mismo protocolo para ambos grupos (2 sesiones, 1000 disparos/sesión) utilizando dos densidades de energía media diferentes (alta y baja); obtuvimos resultados favorables en ambos y durante el seguimiento (6 meses) se observó una mejoría más precoz y mantenida en el tiempo en el grupo tratado con DE media-alta.

En nuestro estudio, el generador empleado fue el piezoeléctrico y las publicaciones al respecto con este tipo de generador son escasas; entre ellas se encuentra el artículo de Elía Martínez et al. (2020) en el que realizaron una comparación del tratamiento con ondas de choque radiales y focalizadas para la FP, no encontrando diferencias significativas entre ambas en el seguimiento a 3 meses. Su protocolo consistió en 3 sesiones de tratamiento de 2000 disparos/sesión con una frecuencia de 4Hz a ritmo de una cada 14 días y la DE utilizada fue de 0.27 mJ/mm^2 . En su estudio, compararon RSWT y FSWT. En nuestra investigación comparamos dos densidades de energía de las ondas de choque focalizadas para identificar la que resulta más eficaz para el tratamiento de la FP. Según esta misma publicación, se desconoce la DE óptima del FSWT, aspecto en el que hacemos hincapié en nuestra investigación. Por otra parte, el número de disparos fue el doble (2000 disparos/sesión), realizaron una sesión más de tratamiento (3 sesiones) y la DE del FSWT fue media-baja, pero el grupo de comparación correspondió a otro tipo de ondas de choque (radiales) y el seguimiento fue a tres meses en lugar de a seis meses como en nuestro caso.

La aplicación de anestesia local y su influencia sobre la eficacia de las ondas de choque es un tema controvertido. Nosotros utilizamos ambas densidades de energía ($0,59 \text{ mJ/mm}^2$ y $0,27 \text{ mJ/mm}^2$) sin anestesia local. Como cabía esperar, el incremento de la DE podría correlacionarse con una mayor percepción dolorosa durante la aplicación del FSWT. Estos resultados solo resultaron significativos entre grupos en la primera sesión. En nuestra muestra, salvo un paciente del G7 que abandonó la intervención por mala tolerancia individual al tratamiento, el resto completaron el mismo con una tolerancia aceptable. Además, se

comprobó que la primera sesión de FSWT resultaba más dolorosa que la segunda en cada grupo y en el total de la muestra, lo que probablemente fuera debido al desconocimiento inicial del tratamiento respecto de las sesiones consecutivas, entre otros factores. Por otro lado, no se notificaron complicaciones en ningún paciente, más allá de la sensación dolorosa durante la aplicación del mismo.

Un aspecto a destacar de este estudio es que es de tipo prospectivo y que evalúa la mejoría del dolor, así como de la funcionalidad y calidad de vida de los pacientes con FP, aspecto este último de gran importancia por encontrarse gravemente afectado.

Según Córdova et al. (2017), en numerosas ocasiones la FP ha sido diagnosticada como espolón calcáneo. Sin embargo, los espolones no confirman un diagnóstico de FP. De hecho, se ha comunicado que el 50% de los pacientes con FP no presentan espolón y el 15% sí lo presentan a pesar de no tener los síntomas. En las radiografías simples del pie, que no suelen ser de gran utilidad, entre 15 y 20% de los pacientes con espolón calcáneo no presenta dolor plantar; tan sólo el 5% de las personas con dolor plantar presenta un espolón. En nuestro estudio los resultados fueron independientes de la presencia o ausencia de espolón calcáneo, ya que esta variable no se tuvo en cuenta en el análisis estadístico debido a la aleatorización de la muestra (véase Tabla XVII).

Existen estudios previos que demuestran la eficacia del FSWT en la FP utilizando densidades de energía media (Saber et al., 2012; Lai et al., 2018; Vaamonde-Lorenzo L, 2019; Zhao et al., 2020). En general, los protocolos son heterogéneos y las comparaciones se realizan con placebo (Gollwitzer et al., 2015) o con otros tratamientos (infiltraciones con corticoides (Saber et al., 2012; Chen et al., 2018; Lai et al., 2018; Zhao et al., 2020), ondas de choque radiales (Elía Martínez et al., 2020), toxina botulínica (Roca et al., 2016), etc). Lo novedoso del presente estudio es la comparación de dos densidades de energía y la determinación de la más eficaz para tratar esta patología tan frecuente e incapacitante.

5.2 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

La limitación fundamental de este estudio es el tamaño muestral, que se vio reducido por las pérdidas (iniciales: mala tolerancia individual a la aplicación del tratamiento, no completando las dos sesiones del protocolo; y a largo plazo, por el abandono del seguimiento en consulta), por lo cual nuestros resultados han de ser interpretados de forma prudente.

Otras limitaciones reseñables son: la ausencia de grupo control (placebo) por no considerarse éticamente aplicable, la ausencia de escalas específicas para la valoración de la FP y la subjetividad de las mismas, que dificulta la recogida real de datos.

5.3 LÍNEAS DE TRABAJO FUTURAS

Este estudio podría ser un primer paso hacia el consenso para una terapéutica que es ampliamente aplicada a una patología tan frecuente como invalidante. Con un tamaño muestral mayor y realizando una comparación entre un rango más amplio de densidades de energía, se podrían extraer resultados de utilidad para un uso más eficiente del tratamiento con ondas de choque focalizadas en la FP.

Por otra parte, sería interesante analizar variables sociodemográficas (IMC, actividad laboral-deportiva, espolón, etc.) de un tamaño muestral mayor y con un seguimiento más a largo plazo, para encontrar la DE idónea que permitiera tratar de la manera más eficaz y precoz la FP y valorar la repercusión de dichas variables en la eficacia del tratamiento.

Si bien son necesarios más estudios para poder determinar la eficacia de las ondas de choque en la FP según la DE aplicada, se deberían homogeneizar los criterios de aplicación de este tratamiento para optimizar su uso y permitir una reducción del dolor de la FP, de la forma más precoz y eficaz posible mejorando así la calidad de vida de los pacientes que la sufren.

6. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta las hipótesis de partida y los objetivos de investigación derivados de las mismas, una vez analizados los resultados obtenidos, se formulan las siguientes conclusiones:

1. Las dos densidades de energía utilizadas en el estudio ($0,59 \text{ mJ/mm}^2$ y $0,27 \text{ mJ/mm}^2$) mejoran el dolor y la funcionalidad de los pacientes con FP, dado que ambas poseen acción terapéutica.
2. La DE media-alta ($0,59 \text{ mJ/mm}^2$) resulta más eficaz en la reducción del dolor y recuperación funcional de los pacientes con FP, por ofrecer una respuesta analgésica mayor y más precoz sin incrementarse la tasa de reacciones adversas asociadas con respecto a la más baja.
3. El incremento de DE se correlaciona con una mayor percepción de dolor durante la aplicación del FSWT que resulta estadísticamente significativo ($p < 0,01$) en la comparativa de la primera sesión por grupos de intervención.
4. La primera sesión de FSWT resulta significativamente más dolorosa que la segunda tanto por grupos de estudio (G7 $p < 0,05$, G12 $p < 0,01$), como en el total de la muestra ($p < 0,01$).
5. En cuanto a la satisfacción final, existe un porcentaje significativamente superior de resultados excelentes y buenos entre los pacientes tratados con la DE media-alta con respecto a la DE media-baja ($p < 0,01$).

7. BIBLIOGRAFÍA

- Abbassian, A., Kohls-Gatzoulis, J., Solan, M.C., 2012. Proximal medial gastrocnemius release in the treatment of recalcitrant plantar fasciitis. *Foot & ankle international* 33, 14–9.
- Abdulla, A., Adams, N., Bone, M., Elliott, A.M., Gaffin, J., Jones, D., Knaggs, R., Martin, D., Sampson, L., Schofield, P., 2013. Guidance on the management of pain in older people. *Age and ageing* 42 Suppl 1, 1–57.
- Acosta-Olivo, C., Simental-Mendía, L.E., Vilchez-Cavazos, F., Peña-Martínez, V.M., Elizondo-Rodríguez, J., Simental-Mendía, M., 2022. Clinical Efficacy of Botulinum Toxin in the Treatment of Plantar Fasciitis: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Archives of physical medicine and rehabilitation* 103, 364–371.e2.
- Ahmad, J., Ahmad, S.H., Jones, K., 2017. Treatment of Plantar Fasciitis With Botulinum Toxin. *Foot & ankle international* 38, 1–7.
- Akfirat, M., Sen, C., Günes, T., 2003. Ultrasonographic appearance of the plantar fasciitis. *Clinical imaging* 27, 353–7.
- Akşahin, E., Doğruyol, D., Yüksel, H.Y., Hapa, O., Doğan, O., Celebi, L., Biçimoğlu, A., 2012. The comparison of the effect of corticosteroids and platelet-rich plasma (PRP) for the treatment of plantar fasciitis. *Archives of orthopaedic and trauma surgery* 132, 781–5.
- Andres, B.M., Murrell, G.A.C., 2008. Treatment of tendinopathy: what works, what does not, and what is on the horizon. *Clinical orthopaedics and related research* 466, 1539–54.
- Ankle, foot, centre, orthotic, 2022. Detailed Explanation About the Pathophysiology of Plantar Fasciitis.
- Argerakis, N.G., Positano, R.G., Positano, R.C.J., Boccio, A.K., Adler, R.S., Saboeiro, G.R., Dines, J.S., 2015. Ultrasound diagnosis and evaluation of plantar heel pain. *Journal of the American Podiatric Medical Association* 105, 135–40.
- Arias Paz, B., 2020. Eficacia de las férulas nocturnas en el tratamiento de la fascitis plantar según revisión bibliográfica. *Podoscopio: [Revista del Colegio de Podólogos de la Comunidad de Madrid]* 2085–2100.
- Armada, Ó., Barroso, R., Orejana Garcia, A., 2019. Efectos del vendaje Low-Dye sobre el pie. *Revisión Narrativa. Revista Española de Podología* 30.
- Arshad, Z., Aslam, A., Razzaq, M.A., Bhatia, M., 2022. Gastrocnemius Release in the Management of Chronic Plantar Fasciitis: A Systematic Review. *Foot & ankle international* 43, 568–575.
- Auersperg, V., Trieb, K., 2020. Extracorporeal shock wave therapy: an update. *EFORT open reviews* 5, 584–592.
- Babcock, M.S., Foster, L., Pasquina, P., Jabbari, B., 2005. Treatment of pain attributed to plantar fasciitis with botulinum toxin a: a short-term, randomized, placebo-controlled, double-blind study. *American journal of physical medicine & rehabilitation* 84, 649–54.
- Baldassin, V., Gomes, C.R., Beraldo, P.S., 2009. Effectiveness of prefabricated and customized foot orthoses made from low-cost foam for noncomplicated plantar fasciitis: a randomized controlled trial. *Archives of physical medicine and rehabilitation* 90, 701–6.
- Barrett, S.L., Day, S.V., Pignetti, T.T., Egly, B.R., 1995. Endoscopic heel anatomy: analysis of 200 fresh frozen specimens. *The Journal of foot and ankle surgery : official publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons* 34, 51–6.

- Bartold, S., 2004. The plantar fascia as a source of pain - Biomechanics, presentation and treatment. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 8, 214–226.
- Baudet, B., 2012. *Gastrocnemius tightness: from anatomy to treatment*. Sauramps Medical.
- Beeson, P., 2014. Plantar fasciopathy: revisiting the risk factors. *Foot and ankle surgery : official journal of the European Society of Foot and Ankle Surgeons* 20, 160–5.
- Bianchi, C. Stefano; Martinoli, 2014. Ecografía musculoesquelética, in: Marbán (Ed.), pp. 791–793.
- Bolívar, Y.A., Munuera, P.V., Padillo, J.P., 2013. Relationship between tightness of the posterior muscles of the lower limb and plantar fasciitis. *Foot & ankle international* 34, 42–8.
- Bravo Acosta, T., López Pérez, Y.M., Hernández Tápanes, S., Martín Cordero, J.E., Gómez Lotti, A., Blanco Aliaga, S., 2008. Talalgia. Revisión bibliográfica. *Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología* 11, 26–31.
- Brook, J., Dauphinee, D.M., Korpinen, J., Rawe, I.M., 2012. Pulsed radiofrequency electromagnetic field therapy: a potential novel treatment of plantar fasciitis. *The Journal of foot and ankle surgery : official publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons* 51, 312–6.
- Buchanan, B.K., Kushner, D., 2022. Plantar Fasciitis. *StatPearls*.
- Buchbinder, R., 2004. Clinical practice. Plantar fasciitis. *The New England journal of medicine* 350, 2159–66.
- Callaghan, M.J., Selfe, J., 2012. Patellar taping for patellofemoral pain syndrome in adults. *The Cochrane database of systematic reviews* CD006717.
- Carmo Silva Parreira, P. do, Cunha Menezes Costa, L. da, Junior, L.C.H., Lopes, A.D., Costa, L.O.P., 2014. Current evidence does not support the use of Kinesio Taping in clinical practice: a systematic review. *Journal of Physiotherapy* 60, 31–39.
- Castiñeira Pérez, E. MC Louro González A Casariego Vales, 2021. Fascitis plantar. *Atención Primaria en la Red*.
- Ceccarelli, F., Calderazzi, F., Pedrazzi, G., 2014. Is there a relation between AOFAS ankle-hindfoot score and SF-36 in evaluation of Achilles ruptures treated by percutaneous technique? *The Journal of foot and ankle surgery : official publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons* 53, 16–21.
- Chen, C.-M., Lee, M., Lin, C.-H., Chang, C.-H., Lin, C.-H., 2018. Comparative efficacy of corticosteroid injection and non-invasive treatments for plantar fasciitis: a systematic review and meta-analysis. *Scientific reports* 8, 4033.
- Chen, H.S., Chen, L.M., Huang, T.W., 2001. Treatment of painful heel syndrome with shock waves. *Clinical orthopaedics and related research* 41–6.
- Chung, B., Wiley, J.P., 2002. Extracorporeal shockwave therapy: a review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)* 32, 851–65.
- Cleland, J.A., Abbott, J.H., Kidd, M.O., Stockwell, S., Cheney, S., Gerrard, D.F., Flynn, T.W., 2009. Manual physical therapy and exercise versus electrophysical agents and exercise in the management of plantar heel pain: a multicenter randomized clinical trial. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy* 39, 573–85.

- Córdova, A. Alfredo; López Diego; Fernández-Lázaro Diego y Caballero, 2017. Nueva visión del tratamiento de la fascitis plantar en deportistas: Utilidad del entrenamiento funcional mediante el esquí. *Investigación clínica* 58, 309–318.
- Covey, C.J., Mulder, M.D., 2013. Plantar fasciitis: How best to treat? *The Journal of family practice* 62, 466–71.
- Crawford, F., Snaith, M., 1996. How effective is therapeutic ultrasound in the treatment of heel pain? *Annals of the rheumatic diseases* 55, 265–7.
- Crawford, F., Thomson, C., 2003. Interventions for treating plantar heel pain. *The Cochrane database of systematic reviews* CD000416.
- Cutts, S., Obi, N., Pasapula, C., Chan, W., 2012. Plantar fasciitis. *Annals of the Royal College of Surgeons of England* 94, 539–42.
- Dalley, K.L.M.A.F., 2002. Clinically oriented anatomy, in: *Panamericana* (Ed.), pp. 646–659.
- Daniel Moya, A., 2002. Terapia por onda de choque extracorpórea para el tratamiento de las lesiones musculoesqueléticas. *Rev. Asoc. Arg. Ortop. y Traumatol* 67, 273–286.
- Dasgupta, B., Bowles, J., 1995. Scintigraphic localisation of steroid injection site in plantar fasciitis. *Lancet* (London, England) 346, 1400–1.
- Del Amo López, J. Rosana; Burgos Díez Carolina; Díez García Miguel A. Fernández Escalada Eugenio; Guillén Martínez Ignacio; Martí Hita Diego; Molina Garrido María José; Rajo Iglesias María del Carmen; Reina Gallego Carmen; Rivas Vilas María D.; Sánchez Lite Israel Siles Luna María Teresa; Yelo García, 2003. Manual de práctica quirúrgica y traumatología en Atención Primaria, in: *Temisnetwork* (Ed.), pp. 121–122.
- DiGiovanni, B.F., Nawoczenski, D.A., Lintal, M.E., Moore, E.A., Murray, J.C., Wilding, G.E., Baumhauer, J.F., 2003. Tissue-specific plantar fascia-stretching exercise enhances outcomes in patients with chronic heel pain. A prospective, randomized study. *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 85, 1270–7.
- Digiovanni, B.F., Nawoczenski, D.A., Malay, D.P., Graci, P.A., Williams, T.T., Wilding, G.E., Baumhauer, J.F., 2006. Plantar fascia-specific stretching exercise improves outcomes in patients with chronic plantar fasciitis. A prospective clinical trial with two-year follow-up. *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 88, 1775–81.
- Donley, B.G., Moore, T., Sferra, J., Gozdanovic, J., Smith, R., 2007. The efficacy of oral nonsteroidal anti-inflammatory medication (NSAID) in the treatment of plantar fasciitis: a randomized, prospective, placebo-controlled study. *Foot & ankle international* 28, 20–3.
- Dunning, J., Butts, R., Henry, N., Mourad, F., Brannon, A., Rodriguez, H., Young, I., Arias-Burúa, J.L., Fernández-de-Las-Peñas, C., 2018. Electrical dry needling as an adjunct to exercise, manual therapy and ultrasound for plantar fasciitis: A multi-center randomized clinical trial. *PloS one* 13, e0205405.
- Elía Martínez, J.M., Schmitt, J., Tenías Burillo, J.M., Valero Inigo, J.C., Sánchez Ponce, G., Peñalver Barrios, L., García Fenollosa, M., Cortés Fabregat, A., 2020. [Comparison between extracorporeal shockwave therapy and radial pressure wave therapy in plantar fasciitis]. *Rehabilitación* 54, 11–18.
- Fiasmed, n.d. .
- Fisioshop, n.d. Tienda online de equipos de fisioterapia. Thera-Band y rehabilitación.

- Frey, C., Zamora, J., 2007. The effects of obesity on orthopaedic foot and ankle pathology. *Foot & ankle international* 28, 996–9.
- Fuente, J.L. Moreno de la, 2005. *Podología deportiva*. Masson.
- García-Vidal, J., Palazón, J.-G., Baño, A., Sánchez Martínez, P., Medina-Mirapeix, F., 2019. Valor del Test de Silfverskiöld para el diagnóstico de la fascitis plantar. *Revista Internacional de Ciencias Podológicas* 13.
- Gill, L.H., Kiebzak, G.M., 1996. Outcome of nonsurgical treatment for plantar fasciitis. *Foot & ankle international* 17, 527–32.
- Goff, J.D., Crawford, R., 2011. Diagnosis and treatment of plantar fasciitis. *American family physician* 84, 676–82.
- Gollwitzer, H., Saxena, A., DiDomenico, L.A., Galli, L., Bouché, R.T., Caminear, D.S., Fullem, B., Vester, J.C., Horn, C., Banke, I.J., Burgkart, R., Gerdemeyer, L., 2015. Clinically relevant effectiveness of focused extracorporeal shock wave therapy in the treatment of chronic plantar fasciitis: a randomized, controlled multicenter study. *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 97, 701–8.
- González Rebollo, A., 2016. Introducción a la electroterapia, in: AM, G.R. (Ed.), pp. 287–300.
- González-Iglesias, J., Fernández-de-Las-Peñas, C., Cleland, J.A., Huijbregts, P., Del Rosario Gutiérrez-Vega, M., 2009. Short-term effects of cervical kinesio taping on pain and cervical range of motion in patients with acute whiplash injury: a randomized clinical trial. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy* 39, 515–21.
- Gorgues, J., 2008. Podoscopio clásico. *Offarm* 27, 126–129.
- Granado, M.J., Lohman, E.B. 3rd, Daher, N.S., Gordon, K.E., 2019. Effect of Gender, Toe Extension Position, and Plantar Fasciitis on Plantar Fascia Thickness. *Foot & ankle international* 40, 439–446.
- Greve, J.M.D., Grecco, M.V., Santos-Silva, P.R., 2009. Comparison of radial shockwaves and conventional physiotherapy for treating plantar fasciitis. *Clinics (Sao Paulo, Brazil)* 64, 97–103.
- Hammond, J.W., Hinton, R.Y., Curl, L.A., Muriel, J.M., Lovering, R.M., 2009. Use of autologous platelet-rich plasma to treat muscle strain injuries. *The American journal of sports medicine* 37, 1135–42.
- Heckel, J.P.K., 2022. Pie y Tobillo. Pie plano adquirido del adulto, in: *Pie y Tobillo*. p. 61.
- Hicks, J., 1954. The mechanics of the foot: II. The plantar aponeurosis and the arch. *Journal of anatomy* 88, 25.
- Hoebeke, R., 2008. Diagnosing Plantar Fasciitis. *The Journal for Nurse Practitioners* 4, 66–67.
- Hossain M, M.N., 2011. Not Plantar Fasciitis“: the differential diagnosis and management of heel pain syndrome. *Orthop Trauma* 25, 198–206.
- Isart Torruella, I. Anna; Marlet Jordana M.Teresa; Ginebreda Marti, 2014. Manual del residente. SECOT Dismetrías óseas. Hospital Universitari Dexeus (Barcelona), pp. 596–601.
- Jeswani, T., Morlese, J., McNally, E.G., 2009. Getting to the heel of the problem: plantar fascia lesions. *Clinical radiology* 64, 931–9.

- Jha R K, S.L.L. Uprety S, 2013. Functional Outcome in Patients with Chronic Plantar Fasciitis Treated with Plantar Fascia Stretching vs Tendoachilles Stretching Exercises. *Journal of Institute of Medicine* 35, 32–38.
- Johannsen, F., Konradsen, L., Herzog, R., Krogsgaard, M.R., 2020. Endoscopic fasciotomy for plantar fasciitis provides superior results when compared to a controlled non-operative treatment protocol: a randomized controlled trial. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA* 28, 3301–3308.
- Karabay, N., Toros, T., Hurel, C., 2007. Ultrasonographic evaluation in plantar fasciitis. *The Journal of foot and ankle surgery : official publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons* 46, 442–6.
- Karagounis, P., Tsironi, M., Prionas, G., Tsiganos, G., Baltopoulos, P., 2011. Treatment of Plantar Fasciitis in Recreational Athletes: Two Different Therapeutic Protocols. *Foot & Ankle Specialist* 4, 226–234.
- Kase, J. K. Wallis, Kase, T., 2003. *Clinical Therapeutic Applications of the Kinesio Taping® Method*, 2^o ed. Kení-kai Co.
- Kirby, K.A., 2017. Sistema de reparto de cargas del arco longitudinal del pie. *Revista Española de Podología* 28, 37–45.
- Kiritsi, O., Tsitas, K., Malliaropoulos, N., Mikroulis, G., 2010. Ultrasonographic evaluation of plantar fasciitis after low-level laser therapy: results of a double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *Lasers in medical science* 25, 275–81.
- Klein, S.E., Dale, A.M., Hayes, M.H., Johnson, J.E., McCormick, J.J., Racette, B.A., 2012. Clinical presentation and self-reported patterns of pain and function in patients with plantar heel pain. *Foot & ankle international* 33, 693–8.
- Konjen, N., Napnark, T., Janchai, S., 2015. A comparison of the effectiveness of radial extracorporeal shock wave therapy and ultrasound therapy in the treatment of chronic plantar fasciitis: a randomized controlled trial. *Journal of the Medical Association of Thailand = Chotmaihet thangphaet* 98 Suppl 1, 49–56.
- Kurtoglu, A., Kochai, A., Inanmaz, M.E., Sukur, E., Keskin, D., Türker, M., Sen, Z., Daldal, I., Avan, L.Y., 2022. Effectiveness of radiofrequency ablation for treatment of plantar fasciitis. *Medicine* 101.
- Kuwada, G.T., 2011. A Prospective Randomized Trial Using Four Treatment Modalities for the Treatment of Plantar Fasciitis. *The foot and Ankle Online Journal* 4, 1.
- La Porta, G.A., La Fata, P.C., 2005. Pathologic conditions of the plantar fascia. *Clinics in podiatric medicine and surgery* 22, 1–9.
- Lafforgue, P., 2013. Fracturas por sobrecarga (fracturas por fatiga y fracturas por insuficiencia ósea). *EMC - Aparato Locomotor* 46, 1–12.
- Laguna, M., 2022. Kenhub. Músculos de la pierna.
- Lai, T.-W., Ma, H.-L., Lee, M.-S., Chen, P.-M., Ku, M.-C., 2018. Ultrasonography and clinical outcome comparison of extracorporeal shock wave therapy and corticosteroid injections for chronic plantar fasciitis: A randomized controlled trial. *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions* 18, 47–54.

- Landorf, K.B., Radford, J.A., Hudson, S., 2010. Minimal Important Difference (MID) of two commonly used outcome measures for foot problems. *Journal of foot and ankle research* 3, 7.
- Latt, L.D., Jaffe, D.E., Tang, Y., Taljanovic, M.S., 2020. Evaluation and Treatment of Chronic Plantar Fasciitis. *Foot & ankle orthopaedics* 5, 2473011419896763.
- Lawrence, D.A., Rolen, M.F., Morshed, K.A., Moukaddam, H., 2013. MRI of heel pain. *AJR. American journal of roentgenology* 200, 845–55.
- Leão, R.G., Azuma, M.M., Ambrosio, G.H.C., Faloppa, F., Takimoto, E.S., Tamaoki, M.J.S., 2020. Effectiveness of shockwave therapy in the treatment of plantar fasciitis. *Acta ortopedica brasileira* 28, 7–11.
- Lee, S.-J., Kang, J.-H., Kim, J.-Y., Kim, J.-H., Yoon, S.-R., Jung, K.-I., 2013. Dose-related effect of extracorporeal shock wave therapy for plantar fasciitis. *Annals of rehabilitation medicine* 37, 379–88.
- Lee, W.C.C., Wong, W.Y., Kung, E., Leung, A.K.L., 2012. Effectiveness of adjustable dorsiflexion night splint in combination with accommodative foot orthosis on plantar fasciitis. *Journal of rehabilitation research and development* 49, 1557–64.
- Li, H., Lv, H., Lin, T., 2018. Comparison of efficacy of eight treatments for plantar fasciitis: A network meta-analysis. *Journal of cellular physiology* 234, 860–870.
- Li, H., Xiong, Y., Zhou, W., Liu, Y., Liu, J., Xue, H., Hu, L., Panayi, A.C., Mi, B., Liu, G., 2019. Shock-wave therapy improved outcome with plantar fasciitis: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Archives of orthopaedic and trauma surgery* 139, 1763–1770.
- Li, X., Zhang, L., Gu, S., Sun, J., Qin, Z., Yue, J., Zhong, Y., Ding, N., Gao, R., 2018. Comparative effectiveness of extracorporeal shock wave, ultrasound, low-level laser therapy, noninvasive interactive neurostimulation, and pulsed radiofrequency treatment for treating plantar fasciitis: A systematic review and network meta-analysis. *Medicine* 97, e12819.
- Lim, A.T., How, C.H., Tan, B., 2016. Management of plantar fasciitis in the outpatient setting. *Singapore medical journal* 57, 168–70; quiz 171.
- López Hermoza, J.G., Fernández-Bravo Rueda, A., Cutillas Ruiz, R., Mosquera Morales, N., 2017. Síndrome de Baxter, a propósito de un caso. *Rehabilitación* 51, 191–194.
- Lou, J., Wang, S., Liu, S., Xing, G., 2017. Effectiveness of Extracorporeal Shock Wave Therapy Without Local Anesthesia in Patients With Recalcitrant Plantar Fasciitis: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *American journal of physical medicine & rehabilitation* 96, 529–534.
- Lozano, J.A.M., 2013. Ortesis plantares rígidas conformadas y ondas de choque extracorpóreas en el tratamiento de la fascitis plantar.
- Mariana Haro, D., 2014. Laboratorio de análisis de marcha y movimiento. *Revista Médica Clínica Las Condes* 25, 237–247.
- Mariotto, S., Prati, A.C. de, Cavalieri, E., Amelio, E., Marlinghaus, E., Suzuki, H., 2009. Extracorporeal shock wave therapy in inflammatory diseases: molecular mechanism that triggers anti-inflammatory action. *Current medicinal chemistry* 16, 2366–72.

- Martinelli, N., Marinozzi, A., Carnì, S., Trovato, U., Bianchi, A., Denaro, V., 2013. Platelet-rich plasma injections for chronic plantar fasciitis. *International orthopaedics* 37, 839–42.
- Martínez Jiménez, E.M., Díaz Velázquez, J.I., 2010. Talalgia por atrapamiento del Nervio Calcáneo Interno: diagnóstico y tratamiento integral de un caso clínico. *Revista Internacional de Ciencias Podológicas* 4, 39+.
- Mata, J.D.L., 2013. Plasma rico en plaquetas: ¿un nuevo tratamiento para el reumatólogo? *Reumatología Clínica* 9, 166–171.
- McClure, S., Dorfmueller, C., 2003. Extracorporeal shock wave therapy: Theory and equipment. *Clinical Techniques in Equine Practice* 2, 348–357.
- Mediklar, 2020. Ultra cavitation system.
- Medlicott, M.S., Harris, S.R., 2006. A systematic review of the effectiveness of exercise, manual therapy, electrotherapy, relaxation training, and biofeedback in the management of temporomandibular disorder. *Physical therapy* 86, 955–73.
- Mendoza Latorre, M.A., 2013. Estudio comparativo de la eficacia de la toxina botulínica tipo A frente a las ondas de choque extracorpóreas en el tratamiento de la fascitis plantar.
- Menz, H.B., Fotoohabadi, M.R., Wee, E., Spink, M.J., 2012. Visual categorisation of the arch index: a simplified measure of foot posture in older people. *Journal of foot and ankle research* 5, 10.
- Michelsson, O., Kontinen, Y.T., Paavolainen, P., Santavirta, S., 2005. Plantar heel pain and its 3-mode 4-stage treatment. *Modern rheumatology* 15, 307–14.
- Mishra, A., Woodall, J.J., Vieira, A., 2009. Treatment of tendon and muscle using platelet-rich plasma. *Clinics in sports medicine* 28, 113–25.
- Mohseni-Bandpei, M.A., Nakhaee, M., Mousavi, M.E., Shakourirad, A., Safari, M.R., Vahab Kashani, R., 2014. Application of ultrasound in the assessment of plantar fascia in patients with plantar fasciitis: a systematic review. *Ultrasound in medicine & biology* 40, 1737–54.
- Montalvo, A.M., Cara, E.L., Myer, G.D., 2014. Effect of Kinesiology Taping on Pain in Individuals With Musculoskeletal Injuries: Systematic Review and Meta-Analysis. *The Physician and Sportsmedicine* 42, 48–57.
- Monteagudo, M., Albornoz, P.M. de, Gutierrez, B., Tabuenca, J., Álvarez, I., 2018. Plantar fasciopathy: A current concepts review. *EFORT open reviews* 3, 485–493.
- Monteagudo, M., Maceira, E., Garcia-Virto, V., Canosa, R., 2013. Chronic plantar fasciitis: plantar fasciotomy versus gastrocnemius recession. *International orthopaedics* 37, 1845–50.
- Moreno García, M.S., Río-Martínez, P.S. del, Yanguas Barea, N., Baltanás Rubio, P., 2017. Dolor en retropié: neuropatía de Baxter, a propósito de un caso. *Reumatología Clínica* 13, 123.
- Moreno-Duarte, I., Morse, L.R., Alam, M., Bikson, M., Zafonte, R., Fregni, F., 2014. Targeted therapies using electrical and magnetic neural stimulation for the treatment of chronic pain in spinal cord injury. *NeuroImage* 85 Pt 3, 1003–13.

- Moretti, B., Garofalo, R., Genco, S., Patella, V., Mouhsine, E., 2005. Medium-energy shock wave therapy in the treatment of rotator cuff calcifying tendinitis. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA* 13, 405–10.
- Moya, D., Ramón, S., Schaden, W., Wang, C.-J., Guiloff, L., Cheng, J.-H., 2018. The Role of Extracorporeal Shockwave Treatment in Musculoskeletal Disorders. *JBJS* 100.
- Murley, G., Menz, H., Landorf, K., 2009. A protocol for classifying normal- and flat-arched foot posture for research studies using clinical and radiographic measurements. *Journal of foot and ankle research* 2, 22.
- Netter, F.H., 2001. Anatomía, fisiología y enfermedades metabólicas, in: Masson (Ed.), *Sistemamuscúloesquelético*. Regina V. Dingle, pp. 106–121.
- Neufeld, S.K., Cerrato, R., 2008. Plantar fasciitis: evaluation and treatment. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* 16, 338–46.
- Newell, T., Simon, J., Docherty, C.L., 2015. Arch-Taping Techniques for Altering Navicular Height and Plantar Pressures During Activity. *Journal of athletic training* 50, 825–32.
- Nova, S., 2022. Kenhub. Músculos del pie.
- Ogden, J.A., Alvarez, R., Levitt, R., Cross, G.L., Marlow, M., 2001. Shock wave therapy for chronic proximal plantar fasciitis. *Clinical orthopaedics and related research* 47–59.
- Ordahan, B., Türkoğlu, G., Karahan, A.Y., Akkurt, H.E., 2017. Extracorporeal Shockwave Therapy Versus Kinesiology Taping in the Management of Plantar Fasciitis: A Randomized Clinical Trial. *Archives of rheumatology* 32, 227–233.
- Ortopedia-Grupo-la-Milagrosa, 2022. Plantillas a medida.
- Osborne, H.R., Allison, G.T., 2006. Treatment of plantar fasciitis by LowDye taping and iontophoresis: short term results of a double blinded, randomised, placebo controlled clinical trial of dexamethasone and acetic acid. *British journal of sports medicine* 40, 545–9; discussion 549.
- Park, C., Lee, S., Lim, D.-Y., Yi, C.-W., Kim, J.H., Jeon, C., 2015. Effects of the application of Low-Dye taping on the pain and stability of patients with plantar fasciitis. *Journal of physical therapy science* 27, 2491–3.
- Parra Gordo M, C.C.M. Rayón-aledo J Aroca Peinado M Castaño Palacios D, 2010. Fracturas de calcáneo. *Rev Med Gen y Fam* 725–30.
- Patel, A., DiGiovanni, B., 2011. Association between plantar fasciitis and isolated contracture of the gastrocnemius. *Foot & ankle international* 32, 5–8.
- Paton, J.S., 2006. The relationship between navicular drop and first metatarsophalangeal joint motion. *Journal of the American Podiatric Medical Association* 96, 313–7.
- Peláez Menacho, A., Parra Cortés, L., Munuera Martínez, P.V., 2016. Cambios en la postura del pie tras la actividad deportiva en ciclistas de montaña masculinos: estudio piloto. *Revista Española de Podología* 27, 10–17.
- Perez-Soriano, P., 2004. Análisis de parámetros biomecánicos durante la recepción en colchonetas y su influencia en los mecanismos de lesión en gimnasia deportiva.

- Petraglia, F., Ramazzina, I., Costantino, C., 2017. Plantar fasciitis in athletes: diagnostic and treatment strategies. A systematic review. *Muscles, ligaments and tendons journal* 7, 107–118.
- Pfeffer, G., Bacchetti, P., Deland, J., Lewis, A., Anderson, R., Davis, W., Alvarez, R., Brodsky, J., Cooper, P., Frey, C., Herrick, R., Myerson, M., Sammarco, J., Janecki, C., Ross, S., Bowman, M., Smith, R., 1999. Comparison of custom and prefabricated orthoses in the initial treatment of proximal plantar fasciitis. *Foot & ankle international* 20, 214–21.
- Physiopedia, 2022. Windlass-Test.
- Podolsky, R., Kalichman, L., 2015. Taping for plantar fasciitis. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation* 28, 1–6.
- Podoservice, 2022. Talonera de silicona001190.
- Porter, M.D., Shadbolt, B., 2005. Intralesional corticosteroid injection versus extracorporeal shock wave therapy for plantar fasciopathy. *Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine* 15, 119–24.
- Prichasuk, S., 1994. The heel pad in plantar heel pain. *The Journal of bone and joint surgery. British volume* 76, 140–2.
- Radovic, P., 2020. Treatment of “plantar fasciitis”/Plantar Heel Pain Syndrome with botulinum toxin — A novel injection paradigm pilot study. *The Foot* 45, 101711.
- Ragab, E.M.S., Othman, A.M.A., 2012. Platelets rich plasma for treatment of chronic plantar fasciitis. *Archives of orthopaedic and trauma surgery* 132, 1065–70.
- Rano, J.A., Fallat, L.M., Savoy-Moore, R.T., 2001. Correlation of heel pain with body mass index and other characteristics of heel pain. *The Journal of foot and ankle surgery : official publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons* 40, 351–6.
- RehabMedic, n.d. .
- Reina Ruiz MC, G.P.M. Sánchez de la Vega J Martínez Ruiz R Blasco Hernández P, 2002. Litotricia extracorpórea por ondas de choque. Un tratamiento establecido. *Actas Urológicas Españolas* 26, 636–649.
- Riddle, D.L., Pulisic, M., Pidcoe, P., Johnson, R.E., 2003. Risk factors for Plantar fasciitis: a matched case-control study. *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 85, 872–7.
- Rioja Toro, J., 2011. *Manual de electroterapia*. pp. 497–498.
- Rioja Toro, J., González Rebollo, A., Romo Monje, M., Cantalapiedra Puentes, E., 2001. Tratamiento combinado de la fascitis plantar crónica en el adulto de edad superior a los 50 años. *Rehabilitación* 35, 90–94.
- Roca, B., Mendoza, M.A., Roca, M., 2016. Comparison of extracorporeal shock wave therapy with botulinum toxin type A in the treatment of plantar fasciitis. *Disability and rehabilitation* 38, 2114–21.
- Rodríguez Moreno, J., Isidre, A., Burdeus, J.M., 2003. Talalgias. *Revista Española de Reumatología* 30, 499–502.
- Rodríguez, R.S., Nova, A.M., Martín, B.G., García, P.A.F., 2007. Fascitis Plantar. Tratamiento ortopodológico. *Fisioterapia* 29, 106–112.

- Roles, N.C., Maudsley, R.H., 1972. Radial tunnel syndrome: resistant tennis elbow as a nerve entrapment. *The Journal of bone and joint surgery. British volume* 54, 499–508.
- Rome, K., Campbell, R., Flint, A., Haslock, I., 2002. Heel pad thickness—a contributing factor associated with plantar heel pain in young adults. *Foot & ankle international* 23, 142–7.
- Rompe, J.D., Hopf, C., Nafe, B., Burger, R., 1996. Low-energy extracorporeal shock wave therapy for painful heel: a prospective controlled single-blind study. *Archives of orthopaedic and trauma surgery* 115, 75–9.
- Rompe, J.D., Kirkpatrick, C.J., Küllmer, K., Schwitalle, M., Krischek, O., 1998. Dose-related effects of shock waves on rabbit tendo Achillis. A sonographic and histological study. *The Journal of bone and joint surgery. British volume* 80, 546–52.
- Rosenbaum, A.J., DiPreta, J.A., Misener, D., 2014. Plantar heel pain. *The Medical clinics of North America* 98, 339–52.
- Roxas, M., 2005. Plantar fasciitis: diagnosis and therapeutic considerations. *Alternative medicine review : a journal of clinical therapeutic* 10, 83–93.
- S. Hale, L. Douglas; Z. Huppin, 2022. .
- Saber, N., Diab, H., Nassar, W., Razaak, H.A., 2012. Ultrasound guided local steroid injection versus extracorporeal shockwave therapy in the treatment of plantar fasciitis. *Alexandria Journal of Medicine* 48.
- Sabir, N., Demirlenk, S., Yagci, B., Karabulut, N., Cubukcu, S., 2005. Clinical utility of sonography in diagnosing plantar fasciitis. *Journal of ultrasound in medicine : official journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine* 24, 1041–8.
- Sáez Moreno, J. Miguel Ángel; Castaño Díaz Marta; Torres Antón Luis; López-Torres Hidalgo, 2021. Fascitis plantar diagnosticada mediante ecografía. *Revista Clínica de Medicina de Familia* 14, 34–36.
- Sánchez Blanco, R. I; Ferero Méndez A.; Aguilar Naranjo J.J.; Climent Barberá J. M.; Conejero Casares J.A.; Flórez García M.T.; Peña Arrebola A.; Zambudio Periago, 2006a. Manual SERMEF de Rehabilitación y Medicina Física, in: Sánchez Blanco, I. et al (Ed.), Editorial Médica Panamericana, pp. 99–102.
- Sánchez Blanco, R. I; Ferero Méndez A.; Aguilar Naranjo J.J.; Climent Barberá J. M.; Conejero Casares J.A.; Flórez García M.T.; Peña Arrebola A.; Zambudio Periago, 2006b. Manual SERMEF de Rehabilitación y Medicina Física, in: Sánchez Blanco, I. et al. (Ed.), Editorial Médica Panamericana, pp. 111–112.
- Sánchez Blanco, R. I; Ferero Méndez A.; Aguilar Naranjo J.J.; Climent Barberá J. M.; Conejero Casares J.A.; Flórez García M.T.; Peña Arrebola A.; Zambudio Periago, 2006c. Manual SERMEF de Rehabilitación y Medicina Física, in: Sáchez Blanco, I. et al (Ed.), Editorial Médica Panamericana, pp. 89–90.
- Scher, D.L., Belmont, P.J.J., Bear, R., Mountcastle, S.B., Orr, J.D., Owens, B.D., 2009. The incidence of plantar fasciitis in the United States military. *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 91, 2867–72.
- Segura, C.H. Pabo; Santiago Ricardo; Mingo Saluzzi, 2000. Tratamiento artroscópico de las lesiones osteocondrales del astrágalo. *Artroscopia* 7, 16–22.

- Sems, A., Dimeff, R., Iannotti, J.P., 2006. Extracorporeal shock wave therapy in the treatment of chronic tendinopathies. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* 14, 195–204.
- SETOC, 2020. Consentimiento informado de las ondas de choque SETOC 2020.
- Sous Sánchez, J.A. José O.; Navarro Navarro R.; Navarro García R.; Brito Ojeda E.; Ruiz Caballero, 2011. Bases Anatómicas del Tobillo. *Canarias Médica y Quirúrgica* 8, 1–12.
- Speed, C.A., Nichols, D., Wies, J., Humphreys, H., Richards, C., Burnet, S., Hazleman, B.L., 2003. Extracorporeal shock wave therapy for plantar fasciitis. A double blind randomised controlled trial. *Journal of orthopaedic research : official publication of the Orthopaedic Research Society* 21, 937–40.
- Stadler, M. TA Johnson ED Stephen, 2003. Clinical Inquires. What is the best treatment for plantar fasciitis? *J Farm Pract* 52, 714–7.
- Stratton, M., McPoil, T.G., Cornwall, M.W., Patrick, K., 2009. Use of low-frequency electrical stimulation for the treatment of plantar fasciitis. *Journal of the American Podiatric Medical Association* 99, 481–8.
- Tellería Hernández, T., González Roig, J.L., Rubio Bernal, E., 2017. Magnetoterapia en la fascitis plantar. *Revista Cubana de Medicina Física y Rehabilitación* 1, 80–87.
- Terada, M., Wittwer, A.M., Gribble, P.A., 2014. Intra-rater and inter-rater reliability of the five image-based criteria of the foot posture index-6. *International journal of sports physical therapy* 9, 187–94.
- Thelen, M.D., Dauber, J.A., Stoneman, P.D., 2008. The clinical efficacy of kinesio tape for shoulder pain: a randomized, double-blinded, clinical trial. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy* 38, 389–95.
- Theodorou, D.J., Theodorou, S.J., Farooki, S., Kakitsubata, Y., Resnick, D., 2001. Disorders of the plantar aponeurosis: a spectrum of MR imaging findings. *AJR. American journal of roentgenology* 176, 97–104.
- Thing, J., Maruthappu, M., Rogers, J., 2012. Diagnosis and management of plantar fasciitis in primary care. *The British journal of general practice : the journal of the Royal College of General Practitioners* 62, 443–4.
- Thomas JL, B.J. Christensen JC Kravitz SR Mendicino RW Schuberth JM Vanore JV Weil LS Sr Zlotoff HJ Bouché R, 2010. The diagnosis and treatment of heel pain: a clinical practice guideline-revision 2010. *The Journal of foot and ankle surgery : official publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons* 49, 1–19.
- Thong-On, S., Bovonsunthonchai, S., Vachalathiti, R., Intiravoranont, W., Suwannarat, S., Smith, R., 2019. Effects of Strengthening and Stretching Exercises on the Temporospacial Gait Parameters in Patients With Plantar Fasciitis: A Randomized Controlled Trial. *Annals of rehabilitation medicine* 43, 662–676.
- Tiktinsky, R., Chen, L., Narayan, P., 2010. Electrotherapy: yesterday, today and tomorrow. *Haemophilia : the official journal of the World Federation of Hemophilia* 16 Suppl 5, 126–31.
- Tong, K.B., Furia, J., 2010. Economic burden of plantar fasciitis treatment in the United States. *American journal of orthopedics (Belle Mead, N.J.)* 39, 227–31.
- Toomey, E.P., 2009. Plantar heel pain. *Foot and ankle clinics* 14, 229–45.

- Trojian, T., Tucker, A.K., 2019. Plantar Fasciitis. *American family physician* 99, 744–750.
- Tsai, C.-T., Chang, W.-D., Lee, J.-P., 2010. Effects of Short-term Treatment with Kinesiotaping for Plantar Fasciitis. *Journal of Musculoskeletal Pain* 18, 71–80.
- Tu, P., Bytowski, J.R., 2011. Diagnosis of heel pain. *American family physician* 84, 909–16.
- Tudor, G.R., Finlay, D., Allen, M.J., Belton, I., 1997. The role of bone scintigraphy and plain radiography in intractable plantar fasciitis. *Nuclear medicine communications* 18, 853–6.
- Turhan, M. Yalçın; Arican, 2019. Comparison of Three Different Treatment Modalities in the Treatment of Chronic Plantar Fasciitis: Corticosteroid Injection, Extracorporeal Shock Wave Therapy and Radiofrequency Nerve Ablation. *Duzce Medical Journal* 21, 118–122.
- Tutté Maldonado, M., 2016. Terapia por ondas de choque– terapia innovadora para las tendinopatías –. *Tendencias en Medicina* 1–6.
- Vaamonde-Lorenzo L, G.O.L. Cuenca González C Monleón-Llorente L Chiesa Estomba R Labrada Rodríguez YH Castro-Portal A Archanco Olcese M, 2019. Aplicación de ondas de choque focales piezoeléctricas en el tratamiento de la fasciitis plantar. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol* 63, 227–232.
- Valmassy, R.L., 1996. *Clinical Biomechanics of the Lower Extremities*, in: Valmassy, R.L. (Ed.), Mosby, p. 76.
- Vannini, F., Di Matteo, B., Filardo, G., Kon, E., Marcacci, M., Giannini, S., 2014. Platelet-rich plasma for foot and ankle pathologies: a systematic review. *Foot and ankle surgery : official journal of the European Society of Foot and Ankle Surgeons* 20, 2–9.
- Vos, R.J. de, Weir, A., Schie, H.T.M. van, Bierma-Zeinstra, S.M.A., Verhaar, J.A.N., Weinans, H., Tol, J.L., 2010. Platelet-rich plasma injection for chronic Achilles tendinopathy: a randomized controlled trial. *JAMA* 303, 144–9.
- Wang, C.-J., 2003. An overview of shock wave therapy in musculoskeletal disorders. *Chang Gung medical journal* 26, 220–32.
- Wang, C.-J., Chen, H.-S., Huang, T.-W., 2002. Shockwave therapy for patients with plantar fasciitis: a one-year follow-up study. *Foot & ankle international* 23, 204–7.
- Wang, C.-J., Wang, F.-S., Yang, K.D., Weng, L.-H., Hsu, C.-C., Huang, C.-S., Yang, L.-C., 2003. Shock wave therapy induces neovascularization at the tendon-bone junction. A study in rabbits. *Journal of orthopaedic research : official publication of the Orthopaedic Research Society* 21, 984–9.
- Water, A.T.M. van de, Speksnijder, C.M., 2010. Efficacy of taping for the treatment of plantar fasciosis: a systematic review of controlled trials. *Journal of the American Podiatric Medical Association* 100, 41–51.
- Wolf, R., n.d. Piezoson 100 plus.
- Wolf-Heidegger, G., 1972. *Atlas de Anatomía Humana*.
- Wolgin, M., Cook, C., Graham, C., Mauldin, D., 1994. Conservative treatment of plantar heel pain: long-term follow-up. *Foot & ankle international* 15, 97–102.

- Worp, H. van der, Akker-Scheek, I. van den, Schie, H. van, Zwerver, J., 2013. ESWT for tendinopathy: technology and clinical implications. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA* 21, 1451–8.
- Xiong, Y., Wu, Q., Mi, B., Zhou, W., Liu, Y., Liu, J., Xue, H., Hu, L., Panayi, A.C., Liu, G., 2019. Comparison of efficacy of shock-wave therapy versus corticosteroids in plantar fasciitis: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Archives of orthopaedic and trauma surgery* 139, 529–536.
- Yamakado, K., 2013. Subcalcaneal bursitis with plantar fasciitis treated by arthroscopy. *Arthroscopy techniques* 2, 135–9.
- Yanagisawa, K., Hamada, K., Gotoh, M., Tokunaga, T., Oshika, Y., Tomisawa, M., Lee, Y.H., Handa, A., Kijima, H., Yamazaki, H., Nakamura, M., Ueyama, Y., Tamaoki, N., Fukuda, H., 2001. Vascular endothelial growth factor (VEGF) expression in the subacromial bursa is increased in patients with impingement syndrome. *Journal of orthopaedic research : official publication of the Orthopaedic Research Society* 19, 448–55.
- Yi, T.I., Lee, G.E., Seo, I.S., Huh, W.S., Yoon, T.H., Kim, B.R., 2011. Clinical characteristics of the causes of plantar heel pain. *Annals of rehabilitation medicine* 35, 507–13.
- Yoho, R., Rivera, J.J., Renschler, R., Vardaxis, V.G., Dikis, J., 2012. A biomechanical analysis of the effects of low-Dye taping on arch deformation during gait. *Foot (Edinburgh, Scotland)* 22, 283–6.
- Zanon, A.K., Renata Graciele Brasil, Imamura, M., 2006. Ultra-som contínuo no tratamento da fasciíte plantar crônica. *Acta Ortopédica Brasileira [online]* 14, 137–140.
- Zhao, J., Luo, W.M., Li, T., 2020. Extracorporeal shock wave therapy versus corticosteroid injection for chronic plantar fasciitis: A protocol of randomized controlled trial. *Medicine* 99, e19920.

8. ANEXOS

ANEXO 1 HOJA INFORMATIVA PARA LOS PARTICIPANTES DEL ESTUDIO

ESTUDIO COMPARATIVO DE EFICACIA DE ONDAS DE CHOQUE FOCALIZADAS EN EL TRATAMIENTO DE LA FASCITIS PLANTAR VALORANDO LA DENSIDAD DE ENERGÍA MEDIA UTILIZADA

Por favor lea atentamente esta hoja de información:

En este momento se le está proponiendo su participación en un estudio clínico de investigación, que tiene como objetivo comparar los resultados obtenidos al tratar la fascitis plantar con Ondas de Choque focalizadas. También se pretende evaluar cómo evoluciona el dolor y cómo influye en su calidad de vida. Para ello deberá rellenar una serie de escalas de valoración de forma individual antes del inicio del tratamiento así como en las revisiones que tendrán lugar al mes, a los tres meses y a los 6 meses, actividad que no le llevará más de 10 minutos.

El hecho de que usted acceda a colaborar en este estudio, no supondrá ninguna alteración en su programa de controles en el hospital, ni se le someterá a ningún procedimiento o tratamiento distinto a los que recibiría por parte de su médico si no participara en este estudio. Por este motivo usted no obtendrá ningún beneficio directo por su participación en él.

Su participación consistirá en el registro de datos clínicos relacionados con su dolor y las pruebas utilizadas para su diagnóstico, así como los aspectos que puedan estar relacionados con su capacidad para realizar determinadas actividades.

Su participación es totalmente voluntaria. Si decide no participar, cuando vuelva al hospital su médico le atenderá del mismo modo que lo haría si participase en el estudio.

Su nombre e iniciales no aparecerán en ningún documento del estudio. Usted será identificado exclusivamente por un número. El tratamiento, la comunicación y la cesión de los datos de carácter personal se ajustarán a lo dispuesto en la Ley Orgánica de protección de datos de carácter personal 15/1999 de 13 de diciembre. De acuerdo con esta Ley, usted puede ejercer el derecho de acceso, modificación y cancelación de datos, para lo cual deberá dirigirse a su médico.

Los resultados de este estudio se presentarán en publicaciones o comunicaciones. En ningún caso se le identificará en estas publicaciones.

Si tiene alguna duda relativa al estudio, por favor consulte a su médico.

Nombre del médico:

Servicio de Referencia:

ANEXO 2 FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN EL ESTUDIO

FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

ESTUDIO COMPARATIVO DE EFICACIA DE ONDAS DE CHOQUE FOCALIZADAS EN EL TRATAMIENTO DE LA FASCITIS PLANTAR VALORANDO LA DENSIDAD DE ENERGÍA MEDIA UTILIZADA.

Yo, (nombre y apellidos).....

He leído la hoja de información sobre el estudio clínico, prospectivo, para evaluar los resultados obtenidos con diferentes tratamientos, utilizados en la práctica clínica habitual, para la fascitis plantar.

- He podido hacer preguntas sobre el estudio.
- He recibido suficiente información sobre el estudio
- He hablado con el/la doctor/a.....

Comprendo que mi participación es voluntaria.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

- Cuando quiera.
- Sin tener que dar explicaciones.
- Sin que esto repercuta en mis cuidados médicos.

Entiendo que al acceder a participar en este estudio, consiento en la recogida, tratamiento, cesión y transferencia (si procede) de mis datos personales, con respeto al anonimato, para fines de atención sanitaria y/o investigación médica.

Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio y que mis datos puedan ser utilizados con fines de investigación.

Firma del participante Fecha -----/-----/-----

Firma del investigador..... Fecha -----/-----/---

ANEXO 3A HOJA DE DATOS CONSULTA BASE

- ✓ Número de identificación dentro del estudio:

- ✓ Fecha consulta base:

- ✓ Edad:

- ✓ Sexo: Hombre/Mujer

- ✓ Peso (Kg):

- ✓ Talla (m):

- ✓ Actividad laboral y/o doméstica:

- ✓ Calzado de seguridad Sí/No

- ✓ Actividad física o deportiva

- ✓ Lateralidad de la fascitis plantar: Derecha/Izquierda

- ✓ Tiempo de evolución de la fascitis plantar:

- ✓ Espolón calcáneo: Sí/No

- ✓ Tratamientos previos:

- ✓ Grupo de estudio: G7 (DE media-baja) /G12 (DE media-alta)

- ✓ Escalas:
 - Puntuación de la escala EVA:

 - Puntuación de la escala AOFAS:

ANEXO 3B. HOJA DE DATOS TRATAMIENTO

- ✓ Número de identificación dentro del estudio

- ✓ Grupo de estudio (señalar): G7/G12

- ✓ Fecha 1ª sesión Ondas de choque:

- ✓ Fecha 2ª sesión Ondas de choque:

- ✓ Mejoría subjetiva entre sesiones: Sí/No

- ✓ Cuestionarios:
 - Escala EVA (dolor percibido con el tratamiento):
 - EVA dolor 1ª sesión:

 - EVA dolor 2ª sesión:

ANEXO 3C. HOJA DE DATOS SEGUIMIENTO

✓ Número de identificación dentro del estudio

✓ REVISIÓN PRIMER MES:

- Fecha de revisión:

- Cuestionarios:

- Puntuación escala EVA:

- Puntuación escala AOFAS:

✓ REVISIÓN TERCER MES:

- Fecha de revisión:

- Cuestionarios:

- Puntuación escala EVA:

- Puntuación escala AOFAS:

✓ REVISIÓN SEXTO MES:

- Fecha de revisión:

- Cuestionarios:

- Puntuación escala EVA:

- Puntuación escala AOFAS:

- Puntuación escala Roles y Maudsley:

**ANEXO 4. FOLLETO INFORMATIVO CON EJERCICIOS PARA PACIENTES
CON FASCITIS PLANTAR**



HOSPITAL UNIVERSITARIO
RÍO HORTEGA

**CINESITERAPIA ESPECÍFICA PARA
FASCITIS PLANTAR**



**Servicio de Medicina física y Rehabilitación.
Hospital Universitario Río Hortega Valladolid**

¿QUÉ ES LA FASCITIS PLANTAR?

Se define como una inflamación aguda de la aponeurosis o fascia plantar, que limita la función por el dolor en la parte inferior del talón. A pesar de ser un problema tan común, no se conocen bien las alteraciones patológicas en esta lesión.

La fascia plantar es una banda delgada de tejido fibroso que se extiende desde la tuberosidad medial del calcáneo a las cabezas de los metatarsianos formando el arco longitudinal plantar.

En todo caso, se considera que es un proceso autolimitado, aunque de larga evolución, causado por microtraumas repetidos en el lugar de inserción de la fascia plantar en el talón, produciéndose una degeneración del colágeno en la zona de origen de la fascia (tubérculo medial del calcáneo).



¿CUÁLES SON SUS FACTORES DE RIESGO?

La fascitis plantar se presenta en la población adulta de todas las edades tanto activa como sedentaria, llegando a ser la causa del 25% de las lesiones en el pie de los corredores. Existen numerosos factores desencadenantes que pueden dar lugar a esta patología, entre ellos se encuentran:

- Obesidad (IMC > 30 kg/m²).
- Reducción de la dorsiflexión del tobillo.
- Sedentarismo.
- Anormalidades biomecánicas en el pie: pies cavos, pies planos y excesiva pronación del pie.
- Diferencias en la longitud de los miembros inferiores.
- Tensión en el tendón de Aquiles y musculatura intrínseca del pie.
- Sobreentrenamiento (correr demasiado o aumento repentino de la distancia recorrida).
- Calzado inapropiado.
- Bipedestación prolongada.

¿CUÁL ES SU SINTOMATOLOGÍA?

Se destaca el dolor en la región inferior del talón, en la planta del pie, que va a ser especialmente intenso en los primeros momentos de la mañana al andar o después de un período de inactividad física.

Al empezar a caminar tiende a disminuir, pero no llega a desaparecer y aumenta con largos periodos en bipedestación, caminando o de ejercicio (sobre todo en superficies duras) y con actividades que requieran cargar pesos.

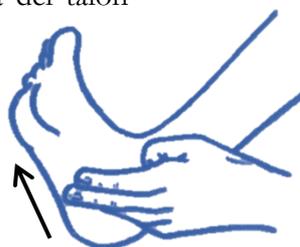
No es frecuente que haya parestesias ni dolor nocturno.

El dolor se incrementa con la flexión dorsal forzada del pie y de los dedos, con la extensión de la rodilla (por el aumento de tensión en la aponeurosis plantar), al subir escaleras, al caminar descalzo y/o sobre las puntas de los dedos.

Es dolor puede describirse en ocasiones como palpitante, agudo o punzante.

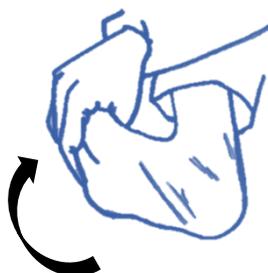
¿CUÁLES SON LOS EJERCICIOS RECOMENDADOS?

AUTOMASAJE FASCIAL: Sentado, con la rodilla en flexión, traccionando de los dedos hacia atrás para producir el estiramiento fascial, realizar masaje firme desde la zona del talón hacia la cercana a los dedos para relajar la zona. Realizar 10 repeticiones unas 1-2 veces/día.

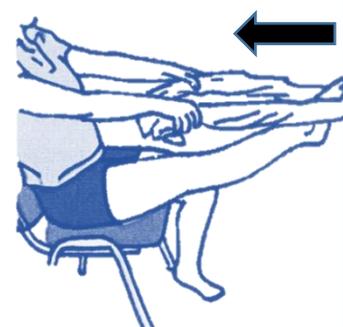


ESTIRAMIENTO

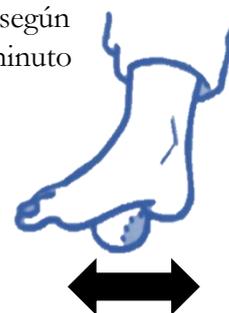
- **AUTOESTIRAMIENTO:** Sentado, con la rodilla en flexión, traccionar de los dedos hacia atrás de manera que note tensión en la zona plantar del pie. Mantener la tensión 30 segundos y volver a la posición de reposo. Realizar unas 10 repeticiones 1-2 veces/día.



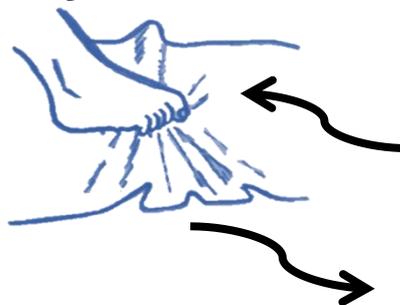
-AUTOESTIRAMIENTO CON TOALLA O VENDA: sentado, con la rodilla extendida poner una toalla o venda alrededor del arco plantar cogiendo los extremos con ambas manos y traccionando de ellos hacia atrás (hacia uno mismo como indica la figura). Realizar 3 series de 10 repeticiones 1-2 veces/día.



-RODAR PELOTA: sentado, colocar una pelota de tenis o pelota irregular en el suelo y llevarla hacia adelante y atrás, de forma lenta y profunda según tolerancia recorriendo toda la planta del pie. Realizar 2-3 series de 1 minuto aproximadamente 1-2 veces/día.



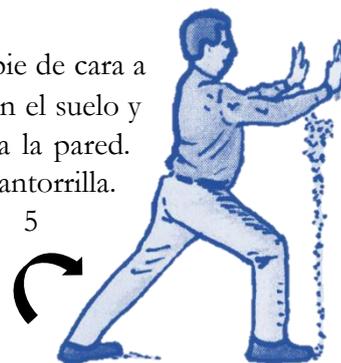
-RECOGER TOALLA CON LOS DEDOS: sentado, colocar una toalla en el suelo y tratar de recogerla con los dedos del pie, sin despegar el talón del suelo. Posteriormente empujar la toalla para volver a estirarla con los dedos del pie. Realizar unas 10 repeticiones, 1-2 veces/día.



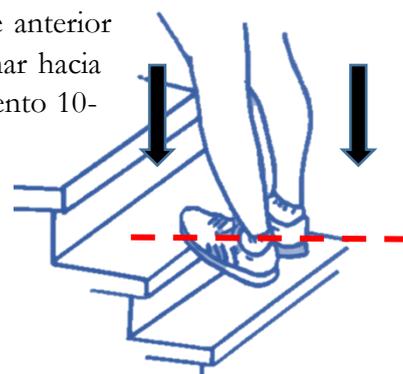
-RODAR BOTELLA CONGELADA: sentado, colocamos una botella de agua congelada en el suelo y la rodamos. Es posible realizar este ejercicio con un calcetín para evitar quemaduras por el frío. Realizar 2-3 series de 1 minuto aproximadamente, 1-2 veces/día.



-ESTIRAMIENTOS DE GEMELOS Y SÓLEO: de pie de cara a la pared, dejamos el pie afectado atrás con el talón bien apoyado en el suelo y flexionamos la rodilla de la pierna adelantada acercándonos hacia la pared. Notaremos un estiramiento de la musculatura posterior de la pantorrilla. Mantener el estiramiento 10-15 segundos y realizar unas 5 repeticiones, 1-2 veces/día.

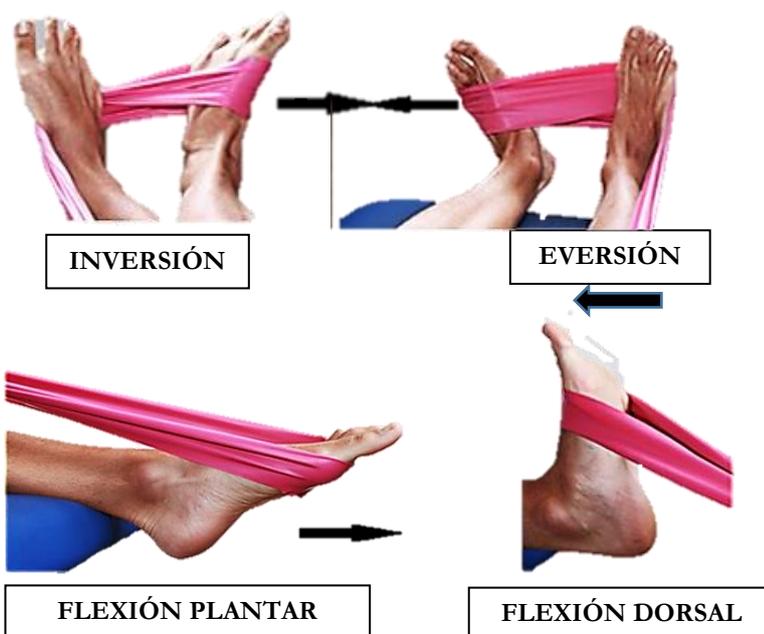


-ESCALÓN: situarse de pie sobre un escalón con la parte anterior del pie de manera que el talón quede en el aire y al traccionar hacia abajo notaremos el estiramiento fascial. Mantener el estiramiento 10-15 segundos y realizar unas 5 repeticiones, 1-2 veces/día.



TONIFICACIÓN:

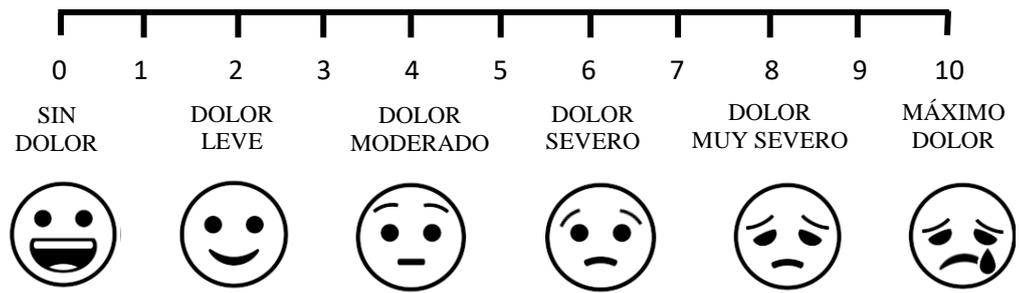
1. **EJERCICIOS CON BANDAS ELÁSTICAS:** flexión plantar, flexión dorsal, inversión y eversión. Realizaremos 2 series de 20 repeticiones con cada movimiento según se indica en las figuras.





HOSPITAL UNIVERSITARIO
RÍO HORTEGA

ANEXO 5. ESCALA EVA



ANEXO 6. ESCALA AOFAS

SCORE DE AOFAS PARA TOBILLO Y RETROPIE (Segura, 2000)	
DOLOR	40puntos
Ausente	40
Leve-Ocasional	30
Moderado-Diario	20
Severo-Siempre presente	0
FUNCIÓN	50puntos
A. ACTIVIDAD	
Sin limitación	10
Sin limitación de la actividad de la vida diaria. Limitación deportiva	7
Limitación en actividades de la vida diaria y deportes. Bastón.	4
Severa limitación. Muletas-Andador-Silla de ruedas-Ortesis.	0
B. DISTANCIA MÁXIMA CAMINADA (MANZANAS)	
>6	5
4-6	4
1-3	2
<1	0
C. SUPERFICIE DE MARCHA	
Cualquiera	5
Algunas dificultades en terreno irregular, escaleras, plano inclinado.	3
Severa dificultad	0
D. ANORMALIDAD DEL PASO	
Ninguna	8
Notable	4
Marcada	0
E. MOVILIDAD SAGITAL	
Normal ($\geq 30^\circ$)	8
Moderada restricción (15-29°)	4
Severa restricción (<15°)	0
F. MOVILIDAD DEL RETROPIÉ (INVERSIÓN-EVERSIÓN)	
Normal (75-100%)	6
Moderada restricción (25-74%)	3
Severa restricción (<25%)	0
G. ESTABILIDAD DEL TOBILLO	
Estable	8
Inestable	0
ALINEACIÓN	10puntos
Buena. Pie plantígrado. Pie y retropié bien alineados.	10
Regular. Pie plantígrado. Algunos grados de desalineación. Sin síntomas.	5
Mala. Pie no plantígrado. Severa desalineación. Sintomático.	0
TOTAL	

PACIENTE

MÉDICO

ANEXO 7 CONSENTIMIENTO INFORMADO ONDAS DE CHOQUE EXTRACORPÓREAS

1º Identificación y descripción del procedimiento:

Las ondas de choque son ondas ultrasónicas de corta duración y muy alta energía focalizadas. Es una técnica clínica que desde hace años se está utilizando para el tratamiento de ciertos procesos músculo-esqueléticos que cursan con inflamación, calcificación de partes blandas...

La aplicación se realiza con un generador de tipo piezoeléctrico (Piezason 100 plus®) sobre la superficie dérmica impregnada con gel de conducción. En localizaciones como codo y hombro se inyecta antes un anestésico local (mepivacaína).

Consiste en 2 sesiones con una separación entre una y otra mínima de 3 semanas. Como es un efecto tiempo-dependiente la mejoría se experimenta a lo largo de los seis meses siguientes a su aplicación.

2º Indicaciones:

El paciente será valorado por el Médico Rehabilitador, siendo este el que pauté el tratamiento en las siguientes patologías:

- Entesopatías (epicondilitis, tendinitis de hombro, fascitis plantar, tendinitis aquilea, rodilla de saltador, trocanteritis)
- Tendinopatías con depósitos de calcio extraóseos (tendinitis calcificante supraespinoso)

Las ondas de choque son un arma terapéutica útil para el tratamiento de las patologías descritas, después de agotar los tratamientos convencionales sin experimentar mejoría, como paso previo antes de un tratamiento quirúrgico.

3º Efectos terapéuticos:

- Analgesia por liberación de endorfinas y afectación transitoria de las fibras nerviosas nociceptivas (dolor)
- Antiinflamatorio por degradación de mediadores de la inflamación
- Fragmentación de depósitos calcáreos por efecto mecánico

4º Contraindicaciones:

- Infecciones
- Tumores
- Alteraciones de la coagulación
- Medicación anticoagulante
- Embarazo
- Aplicación sobre tejido pulmonar
- Niños menores de 14 años
- Portadores de Marcapasos

5º Efectos secundarios tras la aplicación:

- Petequias y hematomas locales en la zona de aplicación
- Irritación local de la piel
- Posible aumento del dolor en las siguientes 24 - 48 horas

6º Complicaciones:

No se han observado complicaciones hasta el momento

7º Consecuencias de su no aplicación:

Podría continuar el dolor e incapacidad funcional que presenta

8º Declaración de Consentimiento:

Don/Doña _____ de ____ años de edad, con domicilio en _____, DNI _____

Don/Doña _____ de ____ años de edad, con domicilio en _____, en calidad de (representante legal, familiar o allegado del paciente) _____, con DNI _____

Declaro:

Que el/la Doctor/a _____ me ha explicado que es conveniente/necesario en mi situación la realización de tratamiento con Ondas de Choque y que he comprendido adecuadamente la información que me ha dado.

En Valladolid a ____ de _____ de 2_____

Fdo.:Don/Doña _____ DNI _____

Fdo.:Dr/a _____

ANEXO 8. ESCALA DE ROLES Y MAUDSLEY

ESCALA ROLES Y MAUDSLEY

Señale con una X la opción que más se corresponde con su caso

Resultado	Limitación funcional del paciente	
Excelente	Sin dolor, no hay restricciones para el movimiento y la actividad	<input type="checkbox"/> (1)
Bueno	Dolor ocasional, no hay restricción para el movimiento y la actividad	<input type="checkbox"/> (2)
Regular	Con el dolor durante el reposo, el esfuerzo y la carga	<input type="checkbox"/> (3)
Malo	Las actividades diarias limitadas por el dolor	<input type="checkbox"/> (4)