

# **TESIS DOCTORAL**

**ESTUDIO DE LA ALTURA DEL ARCO LONGITUDINAL  
INTERNO DEL PIE:**

**MÉTODOS DE MEDICIÓN Y RELACIÓN CON LA POSTURA, EL  
DOLOR Y LA DISFUNCIÓN EN POBLACIÓN ADULTA**

---

**AUTORA: CAROLINA ROSENDE BAUTISTA**

**DIRECTORES:**

**GABRIEL DOMINGUEZ MALDONADO**

**PEDRO VICENTE MUNUERA MARTINEZ**

**MARIA TERESA SEOANE PILLADO**

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA SALUD  
DEPARTAMENTO DE PODOLOGÍA  
FACULTAD DE ENFERMERÍA, FISIOTERAPIA Y PODOLOGÍA  
UNIVERSIDAD DE SEVILLA**



**ESTUDIO DE LA ALTURA DEL ARCO LONGITUDINAL  
INTERNO DEL PIE:**

**MÉTODOS DE MEDICIÓN Y RELACIÓN CON LA  
POSTURA, EL DOLOR Y LA DISFUNCIÓN EN  
POBLACIÓN ADULTA**



Escuela Andaluza de Salud Pública  
CONSEJERÍA DE SALUD Y FAMILIAS

Los Doctores D<sup>a</sup> **María Teresa Seoane Pillado**, Profesora Ayudante Doctora adscrita al Departamento de Ciencias de la Salud de la Universidad de A Coruña, D. **Gabriel Domínguez Maldonado**, Profesor Contratado Doctor adscrito al Departamento de Podología de la Universidad de Sevilla, y D. **Pedro V. Munuera Martínez**, Profesor Titular de Universidad adscrito al Departamento de Podología de la Universidad de Sevilla,

INFORMAN QUE:

El trabajo titulado *“Estudio de la altura del arco longitudinal interno del pie: Métodos de medición y relación con la postura, el dolor y la disfunción en población adulta”*, presentado por D<sup>a</sup>. **Carolina Rosende Bautista** para obtener el Grado de Doctora, se ha llevado a cabo bajo su dirección en el marco del programa de Doctorado Interuniversitario en Ciencias de la Salud (Universidad de Sevilla, Universidad de Jaén y Escuela Andaluza de Salud Pública), y cumple todos los requisitos de la normativa vigente para ser presentado y defendido como Tesis Doctoral. También hacen constar que durante la dirección de este trabajo se ha informado a la doctoranda sobre su deber de evitar el fraude académico y las desviaciones en el ejercicio de la investigación. Tras la lectura de la versión final de la Tesis Doctoral, han comprobado que los resultados y conclusiones de la misma son originales, por lo que deducen que la doctoranda no incurre en fraude académico ni en desviación en el ejercicio de la investigación.

Los Directores de la tesis,



## **AGRADECIMIENTOS**

A los Doctores D. Pedro V. Munuera Martínez y D. Gabriel Domínguez Maldonado por acompañarme y enseñarme durante todo el proceso de elaboración de este trabajo y por haberme mostrado todo su apoyo, comprensión, generosidad, paciencia y amistad.

A la Doctora Dña. Teresa Seoane Pillado por mostrarme el lado más dulce y clínico de la estadística durante las innumerables horas de análisis de datos.

A Eva María Abril Bausela por su inestimable ayuda con el tratamiento y medición de las huellas plantares.

A la Profesora Dra. María Reina Bueno por su importante colaboración en la publicación de este trabajo.

Al Fallecido Prof. Dr. Salvador Pita Fernández por contagiarnos su pasión por la estadística aplicada en Salud y brindarnos la oportunidad de realizar el análisis de datos en la Unidad de Epidemiología clínica y bioestadística del CHUAC.

Al Profesor Francisco Alonso, por compartir conmigo sus cuestionamientos, dudas, inquietudes, incertidumbres sobre la investigación, la ciencia, la docencia y la podología, cuestionamientos que contribuyen de forma muy importante en mi crecimiento y evolución profesional día a día.

A todos los que con su trabajo diario en la Clínica Universitaria de Podología de Ferrol y del área Clínica de Podología de Sevilla contribuyen a que la podología se desarrolle en el ámbito asistencial, docente e investigador permitiendo la evolución científica de la profesión.

A todas las personas que voluntariamente prestaron su tiempo y atención como sujetos de estudio en esta investigación con el único objetivo de permitir la ampliación del conocimiento, sin su voluntad este trabajo no se hubiese podido desarrollar.

En el ámbito personal, fundamental para haber conseguido llegar a presentar esta tesis doctoral, no puedo dejar de agradecer a todos los que me han acompañado y apoyado durante los años de elaboración de este trabajo y durante mi vida académica, laboral y personal, muy especial a especialmente:

A Fito por apadrinarme y ayudarme en muchos aspectos de la vida y por ser un ejemplo de esfuerzo, trabajo y superación constante que siempre he tenido como modelo.

A Alejandro, Lola, Martina y Carmen por ser esa “familia lejana” tan importante en nuestras vidas.

A Olga por ser un ejemplo de fuerza, vitalidad y superación de obstáculos en la vida.

A M<sup>a</sup> José y Fátima, por todo lo que representan en mi vida como hermanas y por compartir conmigo todo lo difícil y fácil de la vida, pero sobre todo por darme la oportunidad de ser parte de la familia de Alicia, Carlos y Carmen.

A mis padres por haber estado siempre a mi lado y haberme apoyado en todos los proyectos, académicos y personales, por haberme querido incondicionalmente y haberme enseñado vivir inculcándome la importancia de la independencia y la responsabilidad, pero manteniendo siempre la solidaridad y el amor hacía los demás como principio fundamental de la vida.

A Fran, por codirigir conmigo el proyecto más importante de nuestra vida: cuidar, educar y querer a Olivia y Emilia, por trabajar incansablemente en ese proyecto, sacrificando muchos aspectos de la vida profesional, mientras yo dedicaba interminables horas a esta tesis doctoral. Gracias por ser la balsa de agua que sostiene los cimientos cuando el viento se torna tempestad y, en definitiva, gracias por ser, por estar y por permanecer a mi lado día a día desde hace 20 años.

A Olivia y Emilia, por empujarme a vivir con la ilusión e intensidad de una niña y por ser la fuerza y el motivo que me ayuda día a día superar obstáculos, temores y dificultades. Gracias por enseñarme y aguantar mis errores en este papel tan complejo de ser simplemente mamá.

*A Emilia, Olivia y Fran*

# ÍNDICE

RESUMEN .....	13
ABSTRACT.....	15
1. INTRODUCCIÓN.....	17
1.1. Definición del problema de investigación.....	18
1.2. Justificación del estudio de investigación .....	22
2. MARCO TEÓRICO .....	27
2.1. La bóveda plantar y el arco longitudinal interno .....	28
2.1.1. Descripción de la bóveda plantar y los arcos plantares .....	28
2.1.2. Estructura anatómica del arco longitudinal interno: elementos óseos y articulares .....	31
2.1.3. Estabilizadores estáticos y dinámicos del arco longitudinal interno .....	40
2.2. Función del arco longitudinal interno: Modelos .....	45
2.2.1. El mecanismo de Windlass .....	46
2.2.2. El modelo Helicoidal .....	47
2.2.3. El mecanismo de resorte del ALI ( <i>The Spring of the arch</i> ).....	47
2.2.4. El mecanismo de Windlass desde la mecánica.....	48
2.2.5. Sistema de reparto de cargas del ALI.....	49
2.3. Morfología del arco longitudinal interno y clasificación.....	50
2.3.1. Morfología del arco longitudinal interno.....	50
2.3.2. Factores que influyen en la morfología del arco longitudinal interno.....	52
2.4. Métodos de medición de altura del arco longitudinal interno.....	55
2.4.1. Inspección visual no cuantitativa del ALI .....	56
2.4.2. Métodos de observación y medición de la huella plantar.....	57
2.4.3. Mediciones antropométricas de la altura del ALI.....	65
2.4.4. Métodos de determinación de la postura del pie.....	68
2.5. Dolor y disfunción del pie.....	77
2.5.1. El dolor de pie: definición y epidemiología.....	77
2.5.2. Cuestionarios de medición del dolor y la disfunción del pie.....	79
2.6. Antecedentes y estado actual del tema.....	83

2.6.1.	El análisis de factores que influyen en la morfología del ALI .....	83
2.6.2.	Antecedentes y estado actual del problema de la medición de la altura del ALI	86
2.6.3.	La altura del ALI y el dolor y la disfunción del pie.....	92
3.	OBJETIVOS.....	95
3.1.	Objetivos generales .....	96
3.2.	Objetivos específicos .....	97
4.	HIPÓTESIS .....	98
4.1.	Hipótesis conceptuales .....	99
4.2.	Hipótesis estadísticas .....	100
5.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	102
5.1.	Materiales.....	103
5.2.	Métodos.....	106
5.2.1.	Características del estudio .....	106
5.2.2.	VARIABLES del estudio:.....	110
5.2.3.	Aspectos éticos y legales de la investigación .....	113
5.2.4.	Protocolo de obtención de la información: .....	115
5.2.5.	Mediciones e intervenciones realizadas:.....	116
5.2.6.	Análisis estadístico: .....	125
5.3.	Prueba de fiabilidad de las mediciones antropométricas normalizadas del arco longitudinal interno. ....	126
5.3.1.	Metodología.....	126
6.	RESULTADOS .....	127
6.1.	Análisis descriptivo de las características sociodemográficas y antropométricas, muestra global y por sexo.....	128
6.2.	Morfología de la huella plantar, posicionamiento y medidas antropométricas según sexo e IMC.....	131
6.2.1.	Morfología de la huella plantar según Arch Index, muestra global y por sexo .....	131
6.2.2.	Posicionamiento del pie en carga por FPI6, muestra global y por sexo .	133
6.2.3.	Medidas antropométricas, muestra global y por sexo.....	136
6.2.4.	Relación entre el IMC y las medidas antropométricas de dimensión de ALI normalizadas, morfología de la huella plantar y la postura del pie	137

6.3.	Análisis de concordancia entre las medidas de dimensión normalizadas, la morfología de la huella plantar y la postura del pie (FPI6).....	144
6.3.1.	Análisis de concordancia de la categorización de la morfología de la huella plantar entre ambos pies. ....	144
6.3.2.	Relación entre las diferentes categorías de morfología del arco longitudinal interno del pie según Arch Index y las medidas de dimensión normalizadas.....	145
6.3.3.	Análisis de concordancia entre la morfología de la Huella plantar y las medidas de dimensión normalizadas. ....	150
6.3.4.	Análisis de concordancia entre la valoración visual del ALI y las medidas de dimensión normalizadas .....	152
6.3.5.	Análisis de concordancia entre el posicionamiento del pie y la huella plantar	153
6.4.	Sensibilidad y especificidad de las medidas de dimensión normalizadas en la categorización de la morfología del arco plantar .....	154
6.4.1.	Análisis de validez de las medidas de dimensión normalizadas, BAIT, frente a la valoración visual de ALI. ....	154
6.4.2.	Análisis de validez de las medidas de dimensión normalizadas, BAIT, frente a morfología de la huella plantar AI. ....	158
6.5.	Descripción de las puntuaciones obtenidas en el Cuestionario de Manchester, muestra global y por sexo, según las dimensiones del cuestionario .....	162
6.5.1.	Puntuaciones obtenidas en el cuestionario de Manchester en función de la variable sexo .....	167
6.6.	Relación entre las variables antropométricas y posturales del pie, variables morfológicas de la huella y las dimensiones del cuestionario de Manchester.....	168
6.6.1.	Correlación lineal entre las variables de dimensión de ALI normalizadas, morfología de la huella según AI y posicionamiento del pie según FPI6 en las cuatro dimensiones del cuestionario de Manchester. ....	168
6.6.2.	Asociación entre variables antropométricas y posturales del pie, variables morfológicas de la huella y las dimensiones del cuestionario de Manchester. Análisis multivariado.....	169
6.7.	Resultados de las pruebas de fiabilidad de las mediciones antropométricas normalizadas .....	191
6.7.1.	Características de la muestra en las pruebas de fiabilidad.....	191
6.7.2.	Fiabilidad Intra-observador.....	192
6.7.3.	Fiabilidad Inter-observador.....	195
7.	DISCUSIÓN.....	198

7.1.	Discusión de los objetivos del estudio .....	203
7.2.	Aplicabilidad de los resultados .....	221
7.3.	Limitaciones y fortalezas del estudio .....	223
7.4.	Prospectiva de futuro.....	226
8.	CONCLUSIONES.....	227
9.	BIBLIOGRAFÍA .....	230
10.	PRODUCCIÓN CIENTÍFICA.....	258
11.	ANEXOS.....	269
11.1.	ANEXO I: Documento aprobación Comité ético de investigación clínica de la comunidad autónoma de Galicia. ....	270
11.2.	ANEXO II: Compromiso de la investigadora principal del Cumplimiento de los aspectos éticos y legales .....	272
11.3.	Anexo III: Modelo consentimiento informado en Castellano .....	274
11.4.	Anexo IV: Modelo consentimiento informado en Gallego .....	276
11.5.	Anexo V: Díptico informativo Acompañantes de Pacientes Español .....	278
11.6.	Anexo VI: Díptico informativo Acompañantes de Pacientes Gallego .....	280
11.7.	Anexo VII: Díptico informativo Pacientes Español .....	282
11.8.	Anexo VIII: Díptico informativo Pacientes Gallego.....	284
11.9.	Anexo IX: Hoja de codificación de datos de identidad.....	286
11.10.	Anexo X: Hoja de registro de variables del estudio .....	288



## RESUMEN

En la literatura científica se reflejan discrepancias sobre cuáles son las pruebas clínicas válidas y fiables para determinar la altura del arco longitudinal interno y sobre si existe influencia de la altura del arco en la aparición de lesiones, disfunción y dolor de pie. Los objetivos del estudio son determinar qué características intrínsecas del individuo están relacionadas con la morfología del arco longitudinal interno y la posición del pie y analizar la influencia de estas características del arco longitudinal interno en el dolor y la función del pie en una población adulta. Otro objetivo es analizar la relación y concordancia de las medidas antropométricas de dimensión de arco normalizadas, la morfología de la huella plantar y el índice de postura del pie como herramientas de clasificación de la morfología del arco longitudinal interno.

Se realizó un estudio observacional, descriptivo de corte transversal y de metodología cuantitativa, en el que se incluyó a 423 sujetos adultos con una media de edad de  $44,43 \pm 18,87$  años, en el que las mujeres representaban el 63% de la muestra. Se obtuvieron datos de morfología de la huella plantar según *Arch Index*, posición del pie según *Foot Posture Index 6* y mediciones antropométricas normalizadas de la altura del arco longitudinal interno. Además, los participantes respondieron al cuestionario de Manchester de dolor y disfunción del pie, que fue analizado distinguiendo las dimensiones de función, apariencia personal, dolor y trabajo.

Como resultados del estudio se objetivó la existencia de diferencias en las medidas antropométricas normalizadas del arco longitudinal interno y en la postura del pie entre hombres y mujeres, las cuales presentaban arcos longitudinales internos más bajos y pies más pronados. La morfología de la huella plantar se presentaba más plana cuando aumentaba el Índice de masa corporal, sin evidenciar esta tendencia en las medidas de arco normalizadas y la posición del pie. El grado de concordancia entre las diferentes técnicas de medición de altura de Arco Longitudinal Interno fue pobre o débil en todas las comparaciones.

En el análisis multivariado de las dimensiones del cuestionario de Manchester se evidenció que incremento de edad, ser mujer y presentar una posición pronada poseen un

efecto predictor independiente para predecir puntuaciones elevadas en la dimensión función. En la dimensión dolor, ser mujer, el incremento de edad y la morfología de huella plana se presentan como las variables con efecto independiente en la predicción de puntuaciones elevadas.

## ABSTRACT

Discrepancies are reflected in the scientific literature on which are the most reliable clinical tests to determine the height of the medial longitudinal arch and on whether there is an influence of the arch height in the injury's incidence, foot pain and dysfunction. The aims of the study are to establish what subject intrinsic characteristics are related with the medial longitudinal arch morphology and the position of the foot and analyze the influence of these medial longitudinal arch characteristics on the foot pain and foot function in an adult population. Another aim is to analyze the relation and concordance of the anthropometric measures of the normalized arch dimension, the footprint morphology, and the Foot Posture Index as classification tools of the medial longitudinal arch morphology.

An observational, descriptive cross-sectional study with quantitative methodology was carried out, which included 423 adult subjects with a mean age of  $44.43 \pm 18.87$  years, in which women represented 63% of the sample population. Footprint morphology data were obtained according to Arch Index, foot posture according to Foot Posture Index 6 and normalized anthropometric measurements of the internal longitudinal arch height. In addition, the participants answered the Manchester foot pain and disability questionnaire, with a separately analysis of the function dimensions, personal appearance, pain and work. As results of the study, the existence of differences in the normalized anthropometric measurements of the medial longitudinal arch and in the foot posture between genders, women presented lower arches and more pronated feet, was observed. The morphology of the plantar footprint was flatter when the BMI increased, without showing this trend in the normalized arch measurements and the foot posture. The degree of agreement between the different internal longitudinal arch height measurement techniques was poor or weak.

In the multivariate analysis of the Manchester questionnaire dimension, it was shown that increasing age, being a woman and presenting a pronated foot posture has an independent predictive effect to predict high scores in the function dimension. In the pain dimension,

being a woman, the increase of age and flat footprint morphology, are the variables with independent effect in the prediction.

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Definición del problema de investigación**

La morfología del pie ha sido referencia científica del estudio de la evolución humana y del hito evolutivo de la bipedestación. Existe la hipótesis, contrastada en varios estudios científicos, de que los principales cambios anatómicos y estructurales del pie que han permitido la bipedestación y deambulación han sido la aducción del hallux, la formación del arco longitudinal interno (ALI), la elongación del retropié y su apoyo en el suelo y la disminución del tamaño de los dedos <sup>1-5</sup>.

La estructura del ALI, objeto principal de esta investigación, es considerada como clave en el funcionamiento del pie, porque capacita a la musculatura posterior de la pierna para soportar el peso corporal durante la carga, permitiendo al pie absorber los impactos verticales durante el apoyo y también comportarse como un mecanismo de propulsión<sup>6</sup>. El correcto funcionamiento del ALI facilita la existencia del balance entre flexibilidad y estabilidad necesario para el desarrollo de la marcha <sup>7</sup>.

Caravaggi et al, afirman que el ALI es la estructura más importante para describir la morfología y mecánica del pie <sup>8</sup>, mostrando el interés clínico que mantiene el ALI en la actualidad y su relevancia en el análisis y diagnóstico de las alteraciones podológicas. Menz et al <sup>9</sup> consideran la morfología del ALI como un factor de riesgo, que califican de potencialmente modificable, de la aparición de dolor en el pie y lo argumentan adoptando las afirmaciones de McPoil y Hunt <sup>10</sup>, cuando explican que las alteraciones de la arquitectura ósea generan alteraciones en la marcha que contribuyen a provocar sobrecargas en los tejidos óseos y tejidos blandos. El interés que se mantiene sobre la morfologías del ALI se refleja en estudios recientes que analizan la morfología en

poblaciones con diferentes características sociológicas y/o culturales <sup>11-13</sup>, así como por diferentes características morfológicas y/o estructurales, destacándose en el diagnóstico clínico, el estudio de la influencia del índice de masa corporal (IMC) en la morfología ALI <sup>14-17</sup> y las diferencias de la morfología del ALI en las etapas de la vida del ser humano desde la infancia <sup>17,18</sup> hasta la ancianidad <sup>19,20</sup>.

En términos generales, se considera que alturas de arco elevadas predisponen a lesiones por sobreuso en los tejidos laterales del pie, fracturas de estrés en los metatarsianos, presencia de alteraciones de los dedos menores y metatarsianos, y alteraciones de la articulación de la rodilla <sup>21-25</sup>. La disminución de altura del ALI predispone a lesiones de tejidos de la zona medial del pie y la pierna <sup>21</sup>, y en este sentido, existen estudios que de forma específica lo relacionan con el síndrome de estrés tibial medial <sup>26</sup>, con la disfunción del tibial posterior y con patologías de la primera articulación metatarsofalángica (MTF) como, hallux abductus valgus, hallux límitus y hallux rígidus <sup>27</sup>. Bradley et al <sup>28</sup>, tras la realización de un meta-análisis, concluyen, entrando en algunos puntos en contradicción con estudios previos, que la postura de pie pronada se encuentra en significativa relación con el síndrome de estrés tibial medial, existiendo una relación baja con el dolor patelofemoral, no pudiéndose evidenciar la asociación entre la postura del pie y las afecciones de tobillo y lesiones óseas por estrés. La búsqueda de relación entre la morfología del ALI y la lesión de diferentes tejidos del miembro inferior, ha sido objeto de múltiples investigaciones. Hasta la actualidad, la asociación que se ha podido demostrar es una asociación poco consistente <sup>29</sup>, destacándose en los diferentes estudios la dificultad que existe para establecer estas asociaciones como consecuencia de la diversidad de métodos utilizados para clasificar la morfología del ALI.

La morfología triplanar que posee el ALI puede explicar la dificultad que existe para consensuar un método clínico que permita realizar las mediciones de altura, salvo el diagnóstico radiológico, siendo su uso controvertido debido a que las radiaciones ionizantes pueden resultar nocivas para la salud y, por ello, desde un punto de vista ético su uso puede estar desaconsejado en investigación cuando no existe un beneficio para el tratamiento del sujeto sometido al riesgo. Además, las técnicas de medición radiológica tampoco se consideran exentas de problemas de fiabilidad <sup>30</sup>.

Hasta la actualidad se han desarrollado diversas técnicas de exploración física que valoran la altura del ALI en los tres planos de forma independiente. En el plano transversal el estudio de la huella plantar permite clasificar la altura del ALI mediante métodos cuantitativos y cualitativos. En el plano frontal el análisis del posicionamiento del retropié en carga y la valoración del desplazamiento o posicionamiento del tubérculo de escafoides han sido referenciados como estructuras clave en la determinación de la morfología del ALI <sup>6,31</sup>. Las mediciones antropométricas de la altura de las estructuras óseas que forman el ALI, analizadas como medidas globales o normalizadas por la longitud del pie, son los parámetros referenciados para medir la altura del ALI en el plano sagital de forma directa e indirecta (sobre radiografías y fotografías del pie).

Se ha estudiado la correlación entre diferentes métodos <sup>32-35</sup> y se han aplicado tecnologías novedosas a la exploración del ALI, como el scanner-3D <sup>36-39</sup>, las plataformas de presiones <sup>40-43</sup> o el análisis de fotografía digital <sup>44,45</sup>. Sin embargo, la inexistencia de un consenso para medir o clasificar la morfología del ALI impide avanzar en los estudios que intentan valorar la importancia de esta altura del ALI en la aparición de lesiones, el desencadenamiento de dolor, el funcionamiento biomecánico del pie y su relación con la

calidad de vida. A pesar de la importancia que se le ha atribuido a la evaluación de la altura del ALI en el diagnóstico de patología podológica, por la influencia que se le atribuye en el correcto funcionamiento del pie<sup>10,46</sup>, el efecto que puede tener sobre la función y rendimiento en el deporte<sup>47,48</sup>, o en la prevención de lesiones<sup>29,49-51</sup> y en la calidad de vida del ser humano en las diferentes etapas vitales<sup>52,53</sup>, no existe un método clínico objetivo consensuado de medición de la altura del arco, que no incluya el uso de radiaciones ionizantes, que pueda ser utilizado como método de cribado en la práctica clínica diaria y en estudios de investigación<sup>29,30,54,55</sup>, lo cual ha derivado en que en la realización de estudios epidemiológicos la valoración visual de la morfología de la huella plantar, realizada por expertos, se utilice como prueba “Gold estándar” para valorar la morfología del pie en función de la altura del ALI y comprobar la validez de otras pruebas clínicas cuantitativas<sup>56</sup>.

## 1.2. Justificación del estudio de investigación

La importancia de la morfología del ALI en la literatura científica y en la atención clínica es indiscutible y el interés sobre su morfología se ha mantenido desde épocas antiguas hasta la actualidad. Sin embargo, existe un consenso universal sobre la necesidad de establecer y unificar el método de medición y/o clasificación de la altura del ALI para poder conocer la influencia que las alteraciones de este poseen en las patologías del miembro inferior, en la función del pie y en la aparición de dolor.

Algunos autores apuntan a las pruebas radiográficas como métodos de elección y métodos *Gold Standard* para determinar la altura del ALI<sup>57,58</sup>. Sin embargo, estas pruebas no han sido aceptadas, hasta el momento, como método de consenso argumentando tres razones, las limitaciones que se presentan cuando se analiza el uso de las radiaciones ionizantes, la inexistencia de una medida consensuada que refleje la altura del ALI con valores de referencia y la variabilidad que pueden presentar las técnicas radiográficas en su interpretación. En primer lugar, se destacan los riesgos para la salud del paciente que es sometido de forma continua a pruebas radiológicas, que se relaciona con enfermedades y alteraciones biológicas como como la radio dermatitis, la esterilidad, las malformaciones fetales e incluso enfermedades neoplásicas como el osteosarcoma o la leucemia<sup>59</sup>. Teniendo en cuenta que el riesgo potencial es acumulativo debe economizarse el uso de radiaciones a lo largo de la vida del individuo. Además, en contextos clínicos ordinarios y contextos de investigación, deben tenerse presentes los principios generales de prevención de exposición a radiaciones ionizantes en el ámbito clínico<sup>60,61</sup>, que no justifican la realización de pruebas radiológicas salvo que el resultado de las mismas posea un efecto directo sobre el tratamiento que va a recibir el paciente. En cuanto a la

fiabilidad de las mediciones realizadas se cuestiona la capacidad de las diferentes técnicas de reflejar las deformidades del ALI de forma fiable <sup>30</sup>.

La inexistencia de una prueba considerada como *Gold Standard* justifica la realización de diferentes mediciones sobre la altura del ALI en un mismo sujeto de estudio, para relacionarlas con la presencia de dolor y disfunción y para determinar si existe correlación y concordancia en la clasificación cuando se emplean diferentes métodos de medición. La mayoría de los estudios publicados se han centrado en la medición de la existencia de correlación lineal entre diferentes variables que miden la morfología del ALI <sup>57,62-64</sup>, sin embargo, no podemos obviar la recomendación de que la medición del coeficiente de correlación no debe utilizarse para comprobar el grado de acuerdo observado entre dos mediciones diferentes del mismo evento. Debemos recordar que el coeficiente de correlación lineal es el grado de asociación lineal entre dos variables cuantitativas y señalar que es necesario utilizar técnicas adecuadas para el análisis de concordancia <sup>65</sup>.

Se considera que el estudio de la existencia o no de concordancia entre diferentes métodos de medición de la altura del ALI, puede aportar conocimientos para la realización e interpretación de diferentes intervenciones, orientado en la idoneidad de utilizar uno o más métodos de medición para realizar una clasificación de la morfología del ALI en el ámbito clínico e investigador. Aun cuando los últimos tiempos en campos muy especializados, como el de la podología deportiva, el análisis de la función dinámica del pie ha desplazado al análisis de la morfología estática, en la atención podológica general, atención traumatológica, reumatológica y pediátrica el análisis estático de la morfología del ALI y la postura del pie continúan siendo un parámetro importante para el diagnóstico. La posición del pie se asimila a la morfología del ALI, y diferentes estudios analizan si

la postura del pie, al igual que la morfología del ALI, influye o no en la aparición de lesiones. Horwood <sup>66</sup>, especifica que esta asimilación, que aparece reflejada en la literatura científica del siglo XX, ha creado confusión y cita como posible origen de esta, la explicación de Morton en 1930, en la cual se describe la pronación del pie como un rodamiento o vuelco hacia la zona interna, y afirma que, como consecuencia de este rodamiento, la reducción de altura del ALI es una deformidad característica de la pronación. Se considera que esta asimilación es consecuencia de que la valoración de la posición del pie se realiza atendiendo al posicionamiento de diferentes estructuras, entre las cuales se encuentran los principales elementos óseos que configuran el ALI y, habitualmente, se asocia cada una de las posiciones a una mayor o menor altura del ALI y, por tanto, a una de las tres posibles morfologías de este. Así, se pueden encontrar investigaciones que asimilan que la pronación se corresponde con el arco bajo, la supinación con arcos elevados y la neutralidad con el arco de altura normal <sup>20,67</sup>. Por todo ello se considera que el estudio de concordancia entre las mediciones de la morfología del ALI directas, mediciones indirectas y el índice de la postura del pie (FPI6) puede aportar datos relevantes de aplicación en el medio clínico y en investigación.

Además, se debe conocer sí factores intrínsecos al individuo como el sexo o el IMC influyen en los valores que se obtienen de la morfología del arco al realizar las mediciones con unos u otros métodos. La importancia de este análisis se debe a que la obesidad se considera un factor de riesgo en las alteraciones de disminución de altura de ALI, como el pie plano, sin embargo, diferentes estudios apuntan a que los métodos de medición empleados podrían estar influyendo en los resultados obtenidos, y que la obesidad o el

sobrepeso no tendrían la capacidad de disminuir la altura de la estructura ósea del arco longitudinal interno.

Se estima que entre el 14-28% de la población adulta padece dolor que afecta a alguna de las regiones anatómicas del pie <sup>54,68,69</sup>. Cuando la edad media de la población de estudio aumenta, se eleva el porcentaje de prevalencia de dolor de pie, pudiendo alcanzar el 42% en población mayor de 65 años <sup>70</sup>. Cuando el estudio se realiza por auto cuestionario <sup>71</sup>, es decir, el paciente refleja en el cuestionario que patologías o deformidades padece, las alteraciones dérmicas y ungueales, las protuberancias óseas, el edema, las alteraciones morfológicas del ALI y las deformidades de los dedos son más frecuentes en los sujetos que manifiestan padecer dolor de pies. Sin embargo, cuando el diagnóstico de las lesiones es realizado por personal especializado, únicamente la existencia de edema en los pies se manifiesta como factor de riesgo en la sensación dolorosa. Badslissi <sup>72</sup>, al realizar estudios sobre población mayor de 65 años, obtiene idénticos resultados en los pacientes diagnosticados de HAV, pie plano y deformidades de los dedos, sin embargo, encuentra una asociación significativa entre la existencia de sensación dolorosa y la morfología de pie cavo.

En la literatura científica existen discrepancias en la influencia que posee la morfología del ALI en los procesos dolorosos, procesos de disfunción del pie y en la disminución de la calidad de vida de los individuos, discrepancias que podrían ser atribuidas a los métodos utilizados para categorizar la morfología de ALI. Si se analizan los estudios realizados en nuestro país sobre las alteraciones de la función del pie y la calidad de vida relacionadas con la morfología del ALI, Pita et al <sup>53</sup>, en un estudio observacional con muestreo aleatorio estratificado, concluyen que la existencia de morfología de pie plano

altera de forma significativa las puntuaciones obtenidas en cuestionarios de salud y función del pie. En cambio, López et al <sup>73</sup>, con mediciones de Arch Index (AI) para establecer diferencias entre grupos con diferentes morfologías del ALI, no encuentran diferencias significativas entre los grupos en las diferentes dimensiones del cuestionario *Foot Health Status Questionary*, ni en población adulta, ni en población pediátrica <sup>52</sup>. Por esta razón consideramos relevante la realización de un análisis de la relación que varios factores, entre los cuales se incluyen las diferentes mediciones de morfología del ALI, con la existencia de dolor y o disfunción en el pie.

El conocimiento de la existencia de relación entre las diferentes morfologías del ALI y la aparición de dolor y o disfunción en el pie, podría aportar mayor justificación para la aplicación de tratamientos ortopodológicos que manteniendo la estructura del ALI, evitando las posiciones extremas, y equilibrando la recepción de cargas y presiones plantares, buscan alcanzar el objetivo de disminuir el dolor y/o mejorar el funcionamiento del pie durante la deambulación.

## **2. MARCO TEÓRICO**

## 2.1. La bóveda plantar y el arco longitudinal interno

### 2.1.1. Descripción de la bóveda plantar y los arcos plantares

El pie es el segmento corporal distal del miembro inferior y está formado por veintiocho huesos, 33 articulaciones y ciento doce ligamentos que bajo el control de trece músculos extrínsecos y veintiún músculos intrínsecos conseguirán el movimiento, la estabilidad y la rigidez necesarias para lograr la marcha bípeda <sup>27</sup>.

La morfología del pie humano ha sido descrita clásicamente con una forma tridimensional, convexa desde la cara dorsal y cóncava en el aspecto plantar, en el cual se han definido cuatro arcos que forman una bóveda plantar, denominados arco longitudinal interno (ALI) o arco plantar longitudinal medial, arco longitudinal externo (ALE) o arco plantar longitudinal lateral y los arcos transversos posterior o proximal (ATP) y arco transversos anterior (ATA). En la zona posterior el apoyo de la bóveda es la apófisis de la tuberosidad del calcáneo y a nivel anterior las cabezas metatarsales <sup>74</sup>. Esta morfología corresponde a la estructura ósea que forman los 28 huesos del pie en situación de descarga, sustentada por tejidos ligamentosos y musculares.

El ATP, que según Kapandji <sup>75</sup> más que un arco en sí mismo es una continuidad de la curva transversal de la bóveda en dirección posterior, se forma a nivel de los tres cuneiformes y el cuboide y la base de los metatarsianos (MTTs) <sup>76</sup>. Se considera que la primera cuña se mantiene en un plano elevado sustentada por los tejidos blandos, mientras que el cuboide y 5º Metatarsiano (MTT) se mantienen en contacto con la superficie de apoyo, localizándose el punto más elevado en la base de 2º MTT y segunda cuña. Se define al ATP como un arco de un puente romano formado por la forma trapezoidal de la base de los tres primeros MTTs con los cuneiformes que adquiere su estabilidad a través de la morfología de la piedra angular que forma la articulación de segundo MTT y segundo cuneiforme <sup>77</sup>.

La morfología arquitectónica en la base de los cinco MTTs a nivel del medio pie se traslada a las cabezas metatarsales en antepié, formándose en descarga el ATA, que se

mantiene en contacto con la superficie de apoyo a través de la primera y quinta cabezas metatarsales mientras las cabezas de segundo tercer y cuarto MTT se mantienen en planos superiores. No existe consenso entre la comunidad científica sobre si la bóveda plantar en carga conserva la misma morfología, siendo la desaparición del ATA uno de los principales puntos de controversia <sup>76</sup>. Ante este planteamiento, Sarrafian y Kelikian <sup>78</sup> niegan la existencia del ATA y afirman que el apoyo anterior del pie son las cinco cabezas metatarsales dispuestas en un mismo nivel del plano sagital. En la misma línea Cavanagh et al <sup>79</sup>, Luger et al <sup>80</sup> y Weijers et al <sup>81</sup>, concluyen que no existe funcionalmente el ATA y que la morfología en descarga se debe al soporte de los tejidos blandos plantares, contradiciendo conclusiones de estudios radiográficos como el de Simonsen et al (30), que afirman que existe una bidimensionalidad del arco transversal anterior a nivel óseo en las cabezas metatarsales y que esta debe de ser conservada cuando se realiza cirugía de antepié.

Los arcos longitudinales, interno (ALI) y externo (ALE), poseen un apoyo posterior común, la tuberosidad posterior del calcáneo, alejándose ambos hacia la zona anterior del antepié con diferencias importantes en su morfología y en su función.

El ALE está formado por el calcáneo, el cuboide, el 4º y 5º MTTs, y su movimiento se produce mediante 2 articulaciones, calcáneo-cuboidea y cuboideo-metatarsal. El punto más elevado del ALE es el cuboide, cuya altura máxima desde la superficie de apoyo, varía entre 3 y 5 mm <sup>82</sup>. Se considera que el ALE por su estructura ósea es más rígido y posee un rango de movilidad inferior que el ALI cuando se somete a fuerzas en las actividades de carga, esta rigidez está causada por el menor número de articulaciones que lo componen. El mínimo movimiento que posee, únicamente lo capacita para que se produzca su aplanamiento durante la carga como consecuencia de las fuerzas que recibe, considerándose de este modo, que el ALE es una estructura que posee una menor capacidad de adaptación que el ALI <sup>83</sup>.

El ALI, está formado por el calcáneo, astrágalo, escafoide, primer, segundo y tercer cuneiformes y los tres primeros metatarsianos. A nivel posterior se apoya sobre la tuberosidad posterior del calcáneo y el apoyo anterior se produce sobre la cabeza del primer metatarsiano. A pesar de que anatómicamente se considera formado por los 9

elementos óseos, su movilidad en el plano sagital se describe por el movimiento de 4 articulaciones: articulación subastragalina (ASA), astrágalo-escafoidea, escafoido-cuneana y 1ª cuneo-metatarsal; reduciéndose de este modo el análisis osteológico del mismo a astrágalo, calcáneo, escafoides, primera cuña y primer metatarsiano.

Las descripciones anatómicas del ALI muestran discrepancias en la localización del punto más elevado del mismo. Kapandji <sup>75</sup> afirma que la cara plantar del escafoides es el punto más elevado del mismo y se eleva entre 15 y 18mm del suelo (figura 1), mientras que López y Llanos referencian que la localización del ápex óseo del ALI es el espacio situado entre el escafoides y la tuberosidad mayor del calcáneo, dónde se aloja la cabeza del astrágalo <sup>82</sup>.

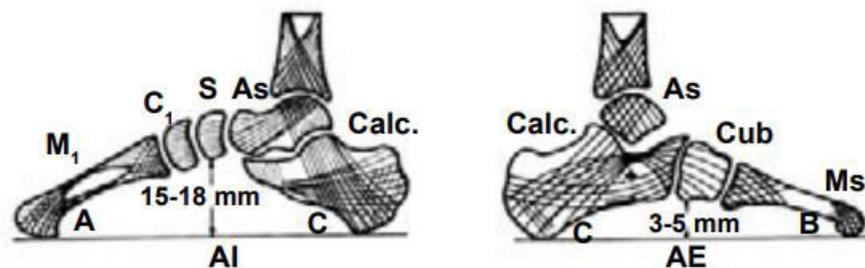


Figura 1. Representación gráfica de las alturas de los arcos longitudinales plantares. <sup>84</sup>

Clínicamente, el ALI es el que posee una función más destacada durante la dinámica y por ello mayor importancia en la atención clínica. Su capacidad funcional durante el apoyo se encuentra asociada a sus dimensiones, mayor longitud o amplitud de arco y mayor altura, y a su configuración anatómica, en la cual engloba 4 articulaciones y múltiples elementos tendinosos y musculares. Estas características le confieren mayor rango de amplitud de movimiento, mayor capacidad de absorción, acumulación y devolución de energía que el ALE y lo convierten en una estructura fundamental en la

adaptación del pie a las irregularidades del terreno, las sollicitaciones mecánicas y la facilitación de movimientos de otras articulaciones del pie y la pierna. Su función, que se expondrá en epígrafes posteriores, en el mecanismo biomecánico de la deambulación es indiscutible, siendo considerada una de las estructuras más importantes en la dinámica humana.

El ALI puede ser considerado como un complejo arquitectónico que posee una morfología que le otorgan los elementos óseos que lo forman. Además, posee la capacidad de soportar tensiones y peso, acción que consigue por la integridad de los estabilizadores estáticos que son los ligamentos y la fascia plantar. Su capacidad de deformarse y recuperar su morfología se la debe a la acción de los estabilizadores dinámicos, entre los que destaca el músculo Tibial posterior.

### *2.1.2. Estructura anatómica del arco longitudinal interno: elementos óseos y articulares*

Los elementos óseos que forman el ALI son el astrágalo, el calcáneo, el escafoides, el primer cuneiforme y el primer metatarsiano que a continuación vamos a describir.

El astrágalo:

El astrágalo o talus es el elemento óseo más proximal del tarso. Se encuentra entre la mortaja tibioperonea y el calcáneo y transmite las presiones de la pierna al pie. Es un hueso de gran volumen y tamaño, compacto y con escasa vascularización, posee una forma compleja y carece de inserciones musculares, pero se encuentra limitado por fuertes y numerosas estructuras ligamentosas insertas en él. Posee una gran importancia funcional, puesto que traslada las fuerzas del cuerpo recibidas en plano sagital, al pie que se encuentra en un plano transversal.

El calcáneo:

Es el hueso que se sitúa en la parte más posterior e inferior del pie, es el punto de apoyo posterior de la bóveda plantar. Sus dimensiones, según Sarrafian son 75mm de longitud media y 40mm de anchura media, lo que lo convierte en el hueso más grande del pie <sup>78</sup>. Su eje longitudinal se orienta hacia delante, hacia arriba aproximadamente 20° y hacia lateral <sup>85</sup>. Su morfología se asimila a la de un cubo irregular describiéndose 6 caras, igual que en el astrágalo.

La cara medial, posee una estructura característica denominada sustentaculum tali que es un sobresaliente triangular de base posterior y vértice anterior, cuyo desarrollo y función se consideran fundamentales en la estructuración del ALI <sup>86</sup>. La cara superior del sustentaculum tali forma la carilla articular media de la articulación astrágalo calcánea y la cara inferior forma un canal por el cual transcurre el tendón del flexor largo de primer dedo y la cara medial se corresponde con el trayecto del flexor largo común de los dedos y la vaina fibrosa del mismo.

El escafoides:

Es un elemento óseo que se localiza entre el astrágalo y los tres cuneiformes, se articula mínimamente con el cuboides y articula en la parte posterior con el astrágalo, con el cual se encuentra fuertemente anclado por estructuras ligamentosas.

Se define como un elemento óseo de forma piriforme con un eje longitudinal oblicuo orientado hacia inferior (dorsal-plantar) y medial (latero-medial), posee menor grosor de anterior a posterior y mayor grosor de dorsal a plantar. Su descripción morfológica permite diferenciar 4 caras y las estructuras finales medial (“Medial end” tubérculo de escafoides) y lateral (Lateral end) <sup>87</sup>. La cara plantar de forma irregular y con numerosas rugosidades, se prolonga hacia medial en la tuberosidad del escafoides.

La cara anterior articula con los tres cuneiformes, resulta determinante en la formación del arco transversal del tarso o ATP, puesto que su morfología determina la situación espacial de los cuneiformes, predisponiendo a la formación de este arco.

El primer cuneiforme:

Es el más grande de los tres cuneiformes, posee forma prismática triangular con eje mayor anteroposterior y sección triangular con base inferior. La parte posterior mediante una articulación plana contacta con el escafoides y en la parte anterior, una cara reniforme con hilio lateral es destinada a articular con la base de primer metatarsiano.

El primer metatarsiano:

Es un hueso largo que posee base, cuerpo y cabeza que contribuye a formar el esqueleto del ALI y a través del cual contacta con el suelo en la zona anterior. Es el más corto y grueso de los 5 metatarsianos, al igual que estos, tiene forma de prisma y forma una concavidad plantar que confiere morfología al ALI.

A nivel proximal articula con el primer cuneiforme, formando el borde medial de la articulación de Lisfranc, la unidad funcional que forman el cuneiforme medial y el primer metatarsiano se denomina primer radio<sup>88</sup>. Se sitúa longitudinalmente a los metatarsianos menores, pero forma un leve ángulo de divergencia con el segundo, cuyo valor debe oscilar entre los 8 y 10° en edad adulta, para que no exista una deformidad de primer metatarsiano varo<sup>78</sup>.

A continuación, se describen las articulaciones que permiten al ALI comportarse como un elemento dinámico y estable para mantener la carga y realizar la dinámica.

La articulación subastragalina o subtalar (ASA)

La ASA se define como una unidad funcional articular, que anatómicamente está formada al menos por dos articulaciones, a pesar de que no existe posibilidad de que realicen movimientos de forma independiente, por lo que funcionalmente se define como una única articulación. Su movimiento es clave en la transmisión de rotaciones de la pierna y

el tobillo hacia las articulaciones distales del pie y en la absorción de impactos durante el desarrollo de la marcha <sup>89</sup>.

La articulación está formada por la carilla inferior del astrágalo, la carilla superior del calcáneo y la carilla posterior del escafoides. Se diferencian dos superficies articulares, astrágalo calcánea posterior y astrágalo calcánea escafoidea en la zona anterior, también denominada acetabulum pedis.

La morfología ósea de astrágalo y calcáneo permite la formación del seno del tarso y del canal del tarso entre ambas articulaciones. El seno del tarso es una estructura definida como una cavidad de morfología cónica, con base ancha, situada en la región anterior y lateral y bajo la denominación canal del tarso se conoce a la expansión de la cavidad hacia posterior y medial. A través de esta estructura se insertan arterias y en esa cavidad se anclan estructuras ligamentosas que proporcionan estabilidad a la articulación <sup>90</sup>.

La morfología articular de la ASA puede asimilarse a dos secciones cilíndricas, con concavidad en la zona posterior o tálamo del calcáneo y en la zona anterior del astrágalo, con las correspondientes morfologías convexas en la zona posterior de astrágalo y anterior del calcáneo. Sin embargo en la clasificación articular la ASA se considera una artrodia, puesto que el movimiento de las superficies esféricas y cilíndricas que la forman no puede producirse simultáneamente sin que aparezca una pérdida de contacto, un bostezo, entre las superficies <sup>75</sup>. Maceiras y Monteagudo <sup>90</sup>, describen que el movimiento real de la ASA es como un deslizamiento entre las superficies, de modo que cuando existe un deslizamiento hacia lateral o medial, se produciría una apertura, disminución del contacto, en el lado opuesto.

El eje de movimiento de la ASA, es descrito por Sarrafian <sup>78</sup>, como un único eje que penetra por el borde posterolateral del calcáneo, transcurre perpendicular al canal del tarso y deriva en la zona anterior supero medial del astrágalo. Su orientación triplanar determina que el movimiento de la ASA se produzca de forma simultánea en los tres planos de referencia. Considerando el movimiento respecto a un eje triplanar, los grados de inclinación del eje respecto a cada uno de los planos determinarán el rango de movilidad en cada plano. Aplicando el concepto de dominancia planar, se considera que,

a mayor cercanía a la perpendicularidad (entre 0-90°) del eje respecto a un plano, mayor rango de movilidad se producirá en dicho plano. Si se toma como referencia las definiciones clásicas del eje de la ASA, que determinan que sus angulaciones medias son de 42° respecto al plano transverso, 30° respecto al plano sagital y de 16° a 23° en el plano frontal, determinaría que los movimientos principales son la abducción y aducción, seguidos de la flexión dorsal y plantar y produciéndose movimientos de inferior rango de inversión y eversión.

Los grados de inclinación del eje respecto a cada uno de los planos de referencia, ha sido objeto de múltiples investigaciones, considerándose que la morfología ósea de cada individuo determina los grados de inclinación del eje en cada uno de los planos y con ello el rango de movimiento articular de la ASA. Así en los pies con morfología cava, elevada altura del ALI, el eje se horizontaliza respecto al plano frontal, por lo cual se producirá menor rango de movimiento en dicho plano, mientras que, en los pies de morfología plana el eje se horizontaliza respecto al plano transverso, aumentando el rango de movimiento respecto al plano frontal (inversión y eversión).

El movimiento de la ASA se produce siempre respecto al eje descrito anteriormente, y es por ello por lo que se definen movimientos triplanares denominados pronación y supinación. El rango de movimiento pasivo normal de la ASA es de 30°, considerándose que para el desarrollo de la marcha normal son suficientes 10° de supinación y 5° de pronación.

Articulación mediotarsiana (AMT) o articulación de Chopart: articulación astrágalo escafoidea.

Como se ha mencionado anteriormente la articulación astrágalo escafoidea realiza sus movimientos con gran influencia de los movimientos la ASA y en la carilla articular anterior de la misma, también denominada acetabulum pedis, se incluye la carilla posterior del escafoides. La articulación astrágalo escafoidea y la calcáneo-cuboidea forman la articulación mediotarsiana (AMT), también conocida como articulación de Chopart. Esta articulación representa la línea funcional que divide el retropié y el mediopié, si bien debemos de tener en cuenta que existe movilidad independiente de los metatarsianos respecto a la unidad articular de escafoides cuboides, y que la morfología de la mediotarsiana no describe la relación antepié retropié, como se ha considerado en algunas teorías <sup>91</sup>. Morfológicamente las líneas articulares se presentan como una curva en forma de S, en la cual la articulación astrágalo escafoidea es cóncava hacia posterior y la línea astrágalo calcánea cóncava hacia anterior.

La estabilidad articular se mantiene como consecuencia de la morfología ósea y por la acción del conjunto de ligamentos calcáneoescafoideo plantares, dorsales y laterales, entre los cuales se incluye el ligamento calcáneo-escafoideo plantar, también denominado Ligamento de Spring, al cual se le atribuye la capacidad de ser el elemento estabilizador del ALI en estática <sup>92</sup> y cuya integridad se considera imprescindible en el mantenimiento de su morfología/altura.

El movimiento de la AMT se ha sido descrito como el movimiento de escafoides y cuboides, considerados un único cuerpo en movimiento, respecto al calcáneo y al astrágalo como cuerpo rígido. Manter <sup>93</sup>, en 1941, describe dos ejes de movimiento, longitudinal y oblicuo, a través de los cuales la AMT realiza movimientos triplanares. Asumiendo esta descripción biaxial que nunca ha sido validada ni demostrada, Root <sup>88</sup>, describe el movimiento de la AMT a través de los dos ejes, destacando que el movimiento que se produce sobre el eje longitudinal, es en el plano frontal, inversión y eversión, mientras que los movimientos a través del eje longitudinal son movimientos combinados en el plano sagital y transversal, dorsiflexión combinada con abducción y plantar flexión

combinada con aducción. Asumiendo estos conceptos biaxiales, se describe que el movimiento de la AMT es dependiente de la posición de la ASA.

Han surgido múltiples cuestionamientos sobre la cinética y cinemática de la AMT y sobre si el movimiento real de la AMT se produce realmente a través de los ejes descritos, cuya determinación se realizó con observaciones sobre elementos óseos extraídos de piezas cadavéricas y sin análisis del sostén ligamentoso ni de la acción muscular. Ante estos cuestionamientos, Nester et al <sup>94</sup>, en 2001, proponen un modelo de movimiento de la AMT en el que existe un único eje de rotación que permite a la AMT realizar movimientos en los tres planos corporales simultáneamente. Definen que la orientación del eje rotacional de la AMT es variable en cada individuo por las variabilidades anatómicas existentes, lo cual justificaría diferentes rangos de movimiento en la AMT en función de la morfología del pie <sup>39</sup> y la pierna en diferentes individuos. Esta descripción de la existencia de un único eje que explica el movimiento de la AMT es reformulada en 2006 por el mismo autor <sup>91</sup>, realizando una comparativa con el modelo anterior de 2 ejes muy utilizado a nivel clínico. Esta nueva definición del eje de la AMT supone ejercicio de aproximación entre el ámbito clínico y el ámbito investigador descriptivo, Nester <sup>95</sup> realiza una descripción del movimiento de la AMT, considerando a escafoides y cuboides como un cuerpo rígido que se mueve respecto al calcáneo a través de un único eje referenciado respecto al sistema de coordenadas del pie y explica los cambios conceptuales a aplicar para comprender el movimiento de la AMT a través de un único eje teniendo como referencia el modelo anterior de 2 ejes.

Otras articulaciones del tarso:

Articulaciones escofocuneanas:

La morfología de la carilla articular anterior del escafoides va a determinar el contacto articular con las cuñas, para las cuales se definen tres carillas articulares diferenciadas separadas por dos suaves crestas. Son articulaciones que por su morfología son artrodias, sin embargo, la ausencia de movilidad activa hace que sean clasificadas como anfiartrosis.

Poseen cavidades sinoviales que pueden presentarse comunicadas o separadas por los ligamentos interóseos <sup>82</sup>.

La morfología del contacto óseo del escafoides y las cuñas, condiciona la morfología de la bóveda plantar, puesto que su disposición espacial crea la zona distal del ALI y la morfología del arco transversal posterior. Un complejo sistema ligamentoso contribuye al refuerzo y mantenimiento de esta morfología, desde el escafoides se extiende un ligamento dorsal y un ligamento plantar a la carilla dorsal y plantar de cada una de las cuñas. La unión de la primera cuña con el escafoides se encuentra reforzada por un ligamento medial cuneo-navicular, en el cual, algunos autores afirman que se insertan fibras del músculo Tibial Posterior <sup>78</sup>. A su vez las cuñas se encuentran unidas entre sí por los ligamentos interóseos (dos dorsales, dos interóseos y uno plantar) y tres ligamentos que mantienen la unión de la tercera cuña con el cuboides <sup>78</sup>.

Articulación tarsometatarsal o articulación de Lisfranc:

En la denominación de articulación tarsometatarsal o articulación de Lisfranc se engloban las articulaciones cuneometatarsales y la articulación cuboides con 4° y 5° metatarsiano.

La morfología ósea determina la estabilidad articular de los metatarsianos centrales respecto a las cuñas, entre las que destaca la menor longitud de la segunda cuña que establece un área de alojamiento para la base del segundo metatarsiano, que además de articular con la segunda cuña, genera el contacto articular de la base de este segundo metatarsiano, con borde lateral de primera cuña y base de primer metatarsiano a nivel medial y con el extremo distal de la carilla medial de la tercera cuña y el borde medial de la base de tercer metatarsiano.

En la morfología del ALI y en la movilidad de este, la articulación de primera cuña y primer metatarsiano constituye un área importante. En su descripción anatómica destaca la clasificación de esta articulación, que con morfología prácticamente plana es clasificada como una artrodia, con superficies de forma arriñonada con orientación plantar y medial. La estabilidad de la articulación se debe al complejo sistema ligamentoso que se expande a nivel dorsal, plantar y medial desde el escafoides hacia la

base del primer metatarsiano, en la cual también se insertan ligamentos que se originan en la cara dorsal y plantar de la primera cuña. Además, el ligamento de Lisfranc, que posee un importante efecto en el mantenimiento del arco transversal, se extiende desde el borde lateral del primer cuneiforme a la base de segundo y tercer metatarsiano.

Primer radio como unidad funcional:

Debemos considerar que el movimiento del escafoide, la primera cuña y el primer metatarsiano, se producen entorno a un eje común, definido por Hicks <sup>96</sup>, en 1953, que ha derivado en el reconocimiento de la unidad funcional denominada primer radio <sup>97</sup>. El eje se define con una inclinación de 45° respecto al plano frontal y sagital y una inclinación mínima respecto al plano transversal, discurriendo desde el dorso del pie a la altura de la base del tercer metatarsiano hasta el tubérculo del escafoide. Sobre este eje la unidad funcional del primer radio realiza movimientos de flexión dorsal e inversión y flexión plantar y eversión, estimándose que el desplazamiento medio debe de ser de 5mm en flexión plantar y 5 mm en flexión dorsal.

El primer radio como parte estructural del ALI posee influencia en la morfología de este, cuando el primer radio planta flexiona y everta la altura del ALI disminuye, cuando el primer radio dorsiflexiona e invierte la altura del ALI aumenta.

Primera articulación metatarso falángica (1ª AMTF):

Si atendemos a la descripción anatómica del ALI, la primera articulación metatarsofalángica (1ª AMTF) estructuralmente no forma parte de este, sin embargo, su función resulta indispensable en el movimiento normal del pie y en las funciones del ALI.

La 1ª AMTF es una articulación formada por dos estructuras articulares relacionadas entre sí, una la que forman la cabeza del metatarsiano con la base de la falange proximal del primer dedo y la articulación que forman los sesamoideos con la cara plantar de la cabeza de primer metatarsiano, ambas realizan un movimiento conjunto y dependiente por lo cual el estudio de ambas se realiza unificado.

La 1ª AMTF por la morfología anatómica de la cabeza del primer metatarsiano y la base de la falange proximal es clasificada como condílea. Ambas estructuras óseas están cubiertas por una cápsula articular propia que en la zona plantar se fusiona en una estructura fibrocartilaginosa y formada por fibras de diferentes estructuras, que forman el denominado plato plantar o rodete glenosesamoideo, en el cual se encuentran alojados los sesamoideos.

El movimiento principal de la primera articulación metatarsofalángica se produce en el plano sagital a través de un eje transversal, la flexión dorsal o extensión de la falange sobre la cabeza metatarsal es indispensable para que se realicen los movimientos necesarios durante el periodo propulsivo, el movimiento de flexión plantar posee una menor importancia en el análisis dinámico.

### *2.1.3. Estabilizadores estáticos y dinámicos del arco longitudinal interno*

A lo largo del siglo XX la ciencia podológica, anatómica y ortopédica ha discutido ampliamente sobre el papel que juegan los diferentes tejidos blandos en el mantenimiento de la altura del ALI durante los procesos de carga estática y dinámica <sup>98</sup>, destacándose en todo momento la importancia que poseen como sostén de la estructura ósea del ALI. En este apartado únicamente realizaremos un breve recuerdo anatómico de las estructuras ligamentosas y musculares con influencia en el ALI. Posteriormente en el apartado de función del ALI, expondremos las diferentes teorías que intentan explicar el funcionamiento del ALI como estructura con capacidad de sufrir modificaciones morfológicas durante la carga estática y la dinámica y el papel que desempeñan los diferentes tejidos en estas funciones.

Los estabilizadores estáticos, son aquellas estructuras que permiten con su función y su disposición que el ALI mantenga su morfología durante la carga estática y dinámica. Son la fascia plantar y el sistema ligamentoso del ALI.

La fascia o aponeurosis plantar:

Es una estructura fibrosa fuerte y compleja, compuesta de forma mayoritaria por fibras de colágeno dispuestas principalmente de modo longitudinal, que se extiende desde el talón hasta las falanges proximales de cada uno de los 5 dedos, por la zona plantar del pie. Se considera que está formada por tres bandas, separadas por los tabiques longitudinal y medial profundos, denominadas banda medial o tibial, central o media y lateral o peroneal.

La banda medial o tibial, se extiende proporcionando cobertura al músculo aductor de primer dedo. Sus fibras se prolongan con la aponeurosis dorsal del pie.

La banda central o banda media es gruesa y fuerte, posee forma triangular y se extiende desde la tuberosidad posteromedial del calcáneo, donde recibe fibras del paratendón<sup>99</sup> y del tendón de Aquiles<sup>100</sup>, hasta las falanges proximales de 1 a 5º dedo. En muchas ocasiones es la estructura de referencia cuando se habla de la aponeurosis o fascia plantar.

En su origen es una estructura que posee entre 1,5 y 2 cm de ancho, con fibras longitudinales brillantes, finas y ligeramente retorcidas. A nivel de la articulación de Lisfranc se produce un ensanchamiento progresivo dividiéndose en 5 segmentos o bandas longitudinales que cuando alcanzan las cabezas metatarsales se dividen en un segmento superficial, cuyas fibras atrapan una pequeña cantidad de tejido adiposo formando las almohadillas metatarsales y que se inserta en el tejido subcutáneo a nivel de las cabezas metatarsales. Esta inserción evita el desplazamiento de los tejidos dérmicos y adiposos cuando se produce la dorsiflexión de las articulaciones metatarsofalángicas durante el despegue. El segmento profundo, que formarán diferentes estructuras, permite el paso de los tendones y paquetes vasculares, y contribuye con sus inserciones fibrosas en la formación de ligamentos de las placas plantares de las articulaciones metatarsofalángicas menores<sup>78</sup>.

Por la relevancia que posee en la función de la fascia plantar y por ende en la función del ALI, debemos de prestar especial atención a la unión que forma la banda longitudinal medial con la primera articulación MTF, en la cual la inserción de las fibras profundas de esa porción, fuertemente unidas a la falange proximal del primer dedo y al ligamento

plantar metatarsofalángico, van a permitir que funcionalmente las estructuras de la primera articulación MTF y la fascia plantar funcionen como una banda ligamentosa continua, contribuyendo a la explicación del mecanismo de Windlass fundamental en la fase propulsiva de la marcha <sup>101</sup>.

La banda lateral o peroneal es un tejido de presentación variable en su estructura y extensión. Se origina en borde lateral del tubérculo medial del calcáneo, unido a las fibras de origen del músculo abductor del quinto dedo, y se extiende longitudinalmente hacia el cuboide donde se bifurca en una estructura lateral que se inserta en la base de quinto metatarsiano y en el ligamento calcáneo metatarsal, una estructura o banda medial que se separa del abductor del quinto dedo orientándose hacia medial para insertarse en el plato plantar de la 4ª articulación MTF y en algunas ocasiones se extienden fibras hacia el plato plantar de 3ª MTF.

El sistema ligamentoso del ALI:

Los ligamentos plantares longitudinales corto y largo, el ligamento deltoideo, los ligamentos de seno del tarso y el ligamento de Spring que se considera una estructura fundamental en el sostén de la morfología de ALI forman el sistema ligamentoso del ALI.

El ligamento plantar longitudinal corto o ligamento calcáneo-cuboideo plantar, es ancho y fuerte. Se extiende desde el tubérculo anterior del calcáneo hasta la superficie inferior del cuboide.

El ligamento plantar largo, se origina en el tubérculo inferior del calcáneo y se extiende hasta la base de tercer, cuarto y quinto MTTs, en la zona distal discurre por encima del tendón del peroneo lateral largo en su recorrido plantar hacia su inserción en la base del primer MTT. Ambos ligamentos longitudinales poseen la función de hacer de sostén de la superficie calcáneo cuboidea y limitar el descenso de los arcos longitudinales del pie <sup>102</sup>.

El ligamento Deltoideo, es un complejo ligamentoso amplio y fuerte que conecta la pierna con el pie en el borde interno. Anatómicamente se distinguen dos capas separadas por una

almohadilla gruesa y en cada una de las capas se diferencian fibras que forman ligamentos de menor tamaño. La capa superficial está formada por el ligamento tibio-escafoideo, el ligamento tibio-astragalino posterior superficial y el ligamento calcáneo tibial. La capa profunda se compone de ligamento astrágalo tibial anterior y el ligamento astrágalo tibial posterior profundo. Su función principal es mantener la estabilidad de tobillo a nivel medial, pero además, la localización anatómica de sus fibras permite que los componentes superficiales y anteriores limiten el desplazamiento en valgismo del astrágalo influyendo de este modo en el movimiento del ALI y altura durante la carga <sup>103</sup>.

La estabilidad astrágalo calcánea va es estar condicionada por dos factores anatómicos, la morfología de las superficies articulares y los ligamentos del seno del tarso. Los ligamentos que condicionan la estabilidad del seno del tarso son los ligamentos interóseos astrágalo-calcáneo que presenta un haz anteromedial y un haz posterolateral y los ligamentos exteriores astrágalo calcaneo anterior, tres haces del retináculo de los extensores y el ligamento cervical o astrágalo calcáneo oblicuo. La estabilidad del seno del tarso influirá en el posicionamiento de la ASA y con ello en la altura del ALI.

El complejo ligamentoso calcáneo navicular plantar o ligamento de Spring es el ligamento capaz de soportar la PF y adducción de la cabeza de astrágalo a nivel de la articulación astrágalo escafoidea durante los movimientos de pronación extrema de la ASA y la AMT. Por ello, se considera que posee tres funciones importantes, aporta sujeción a la cabeza de astrágalo, proporciona estabilidad a la ASA y sostiene de manera pasiva al ALI <sup>103,104</sup>.

En el ligamento de Spring se distinguen tres porciones, el ligamento calcáneo escafoideo superomedial, el ligamento calcaneo escafoideo inferior y el ligamento medialplantar oblicuo. El ligamento calcáneo escafoideo superior, capaz de soportar cargas, tiene su origen en la cara anterior de calcáneo y se expande para insertarse en las caras superior, media e inferior de escafoides. Sus fibras se fusionan con fibras del ligamento deltoideo superficial y sirven de soporte a las fibras del tendón del tibial posterior. La porción inferior del ligamento de spring, destinada soportar fuerzas tensiles, se origina en la fosa coronal de calcáneo y se inserta, junto con las fibras de la porción superior, en la zona plantar del escafoides. Hay un componente inconstante que es el ligamento medial plantar oblicuo <sup>105</sup>.

### Estabilizadores dinámicos del ALI:

Entre los elementos musculares que actúan sobre la morfología y movimiento del ALI se diferencian dos grupos, los músculos cuya acción posee una influencia directa sobre las articulaciones que forman el ALI y los músculos cuya influencia está determinada por los efectos que producen sobre la posición del pie que va a influir en la morfología del ALI <sup>105</sup>.

Entre los músculos que poseen acción directa sobre las articulaciones del ALI destaca el tibial posterior por ser el estabilizador dinámico principal. Otros músculos contribuyen con acciones directas menores como: el flexor largo común de los dedos, el flexor largo de primer dedo que tiene acción directa sobre la movilidad del ALI. El peroneo lateral largo que posee una función de soporte, al evitar la flexión dorsal del primer radio y una función elevadora del ALI si la posición del pie inicial es adecuada. Deben incluirse, además, el sóleo y los gastrocnemios que por sus inserciones plantares en calcáneo y conexiones fibrosas con la fascia plantar generan que su acortamiento provoque una tendencia al aplanamiento del ALI <sup>105-107</sup>.

Se considera que la musculatura intrínseca del pie, abductor del hallux, abductor de 5º dedo, cuadrado plantar, lumbricales, flexor corto común y flexor corto de primer dedo, aductor del hallux e interóseos, contribuye a la estabilidad del ALI, puesto que se le atribuye una capacidad funcional activa que generan fuerzas que contribuyen a estabilizar el pie, soportar el peso, mantener la altura del ALI y generan estabilidad al antepie en la fase de propulsión <sup>108</sup>.

Se realiza a continuación una descripción anatomofuncional del tibial posterior por considerarse el músculo con mayor influencia en la altura y morfología y función del ALI. Su correcto funcionamiento lo capacita durante la dinámica para contener el desplazamiento adecuado del centro de gravedad sin permitir un desplazamiento excesivo del mismo durante la fase de despegue. La degeneración del tendón del tibial posterior se considera la causa más frecuente del pie plano adquirido del adulto.

El musculo tibial posterior se origina en la superficie posterior de la tibia, peroné y membrana interósea, su tendón discurre hacia distal entre los tendones de los músculos flexor largo común de los dedos y flexor largo de primer dedo, hasta alcanzar la altura del maléolo tibial punto en el cual horizontaliza su trayectoria para insertarse por medio de tres haces. El haz anterior, el más fuerte, se inserta en la tuberosidad del escafoides; los haces medio y posterior prolongan hacia plantar para insertarse en los cuneiformes medio y lateral, en cuboides y las base de segundo, tercer y cuarto MTTs. Sus inserciones le permiten actuar como estabilizador dinámico del ALI <sup>78</sup>

La acción del tibial posterior consigue evitar el colapso del ALI cuando se eleva el talón, ya que en ese momento su acción logra bloquear los movimientos óseos y mantener el ALI como una estructura rígida, lo cual, permite a TPA y tríceps sural realizar su acción de forma adecuada. Cuando el tibial posterior no consigue bloquear el mediopie, en elevación de talón, la acción de gemelos y sóleo genera una alteración en la AMT y con ello un colapso del ALI. Cuando el talón se encuentra en apoyo, el tibial posterior trabaja mediante contracción excéntrica para resistir a la pronación y la rotación tibial interna <sup>106</sup>.

## 2.2. Función del arco longitudinal interno: Modelos

Si analizamos el pie como una estructura funcional capaz de realizar la deambulación, tenemos que asumir que posee una capacidad adaptativa, atribuida en gran parte a las funciones del ALI, que le permite comportarse como una estructura móvil que puede adaptarse al terreno mientras absorbe energía y como una estructura rígida capaz de transferir energía cuando va a realizar el despegue <sup>88</sup>. Esta capacidad adaptativa se acompaña de cambios morfológicos durante la dinámica, el ALI cambia su longitud y su altura en función de la fase de la marcha en la que se encuentra. Durante el apoyo, desde el apoyo de talón hasta el apoyo medio, el ALI se elonga y disminuye su altura y durante el despegue, desde final de la fase de apoyo medio hasta el despegue de los dedos, el ALI disminuye su longitud y aumenta su altura <sup>109</sup>.

El funcionamiento del ALI ha sido explicado por diferentes teorías que han ido evolucionando en función del avance del conocimiento y la tecnología. Se exponen a

continuación las teorías más relevantes del s. XX y primeras décadas del s. XXI, que han intentado explicar los fundamentos anatómicos, fisiológicos y mecánicos implicados en el movimiento y función del ALI durante la deambulación.

### *2.2.1. El mecanismo de Windlass*

La observación de los cambios morfológicos que se producen en el ALI cuando la 1ª articulación MTF realiza flexión dorsal condujo a Hicks <sup>110</sup>, en 1954, a explicar el funcionamiento del mecanismo de Windlass, que justifica el movimiento que se genera por la conexión de estructuras ligamentosas desde el calcáneo hasta la falange proximal, excluyendo específicamente la acción muscular.

Hicks considera que la inserción de fibras de la fascia en las estructuras plantares de la 1ª AMTF, generan una conexión fibrosa que se extiende desde el calcáneo hasta la cabeza de primer MTT y base de la falange proximal del 1º dedo. Esta conexión funcionará como un mecanismo de polea, que se activa, cuando se produce una plantarflexión del MTT como consecuencia de la presión que ejerce la base de la falange proximal sobre la cabeza del MTT al realizar el movimiento de flexión dorsal. Ese movimiento del primer MTT va a posicionar hacia delante al plato plantar, estructura formada por capsula articular, los ligamentos y las inserciones de la fascia, haciendo que exista una mayor tensión en las estructuras plantares y que se modifique el posicionamiento de retropié y se eleve el ALI. Este mecanismo funciona bajo el supuesto de que la fascia plantar o aponeurosis plantar es una estructura extremadamente rígida <sup>109</sup> capaz de desencadenar la reacción sufriendo una mínima elongación.

### 2.2.2. *El modelo Helicoidal*

El modelo expuesto por Sarrafian <sup>111</sup>, en castellano conocido como modelo helicoidal, aplica el concepto estructural del ALI de Lapidus y el concepto funcional de Hicks. Se explica el funcionamiento del ALI como una estructura helicoidal con capacidad de torsión, cuya parte posterior se ancla en el plano sagital y la parte anterior en el plano transversal, que posee capacidad de transformar fuerzas de compresión, que recibe a través de la columna astrágalo tibial, en fuerzas de tensión a nivel plantar.

Mediante un experimento, sobre pies cadavéricos, se comprueba que la aplicación de las fuerzas de compresión va a generar diferentes adaptaciones del pie en función de la rotación tibial. En rotación tibial externa el retropié y mediopié supinan y el antepié prona, esto generará una elevación del ALI y relajación de la fascia. Cuando se combina la fuerza de compresión con rotación tibial interna el retropié y mediopié prona y el antepié supina, generando un descenso del ALI y una elongación. Sarrafian asocia estas situaciones a la eficiencia del brazo de palanca y afirma que cuando el pie se encuentra “desenrollado”, rotación tibial interna, retropié pronado y antepié supinado, la fascia plantar está libre de tensión y el pie es un brazo de palanca más eficaz.

### 2.2.3. *El mecanismo de resorte del ALI (The Spring of the arch)*

La revista *Nature* en 1987 publica una carta escrita por Ker <sup>112</sup>, titulada *The Spring of the Arch*, en la cual explica cómo se realiza un estudio de laboratorio con piezas cadavéricas con el objetivo de comprobar cómo se producen los cambios en el ALI cuando recibe carga. Se describe que los cambios se deben a una acción de “muelle o resorte” (Spring) de las estructuras ligamentosas del ALI. Se concluye que estas estructuras, además de mantener la morfología del ALI, cuando se deforman como elásticos durante la carga son capaces de almacenar energía que después devolverán para realizar el movimiento de despegue. Exponen que los resultados obtenidos avalan que la estabilidad morfológica del ALI es dependiente de la integridad de la aponeurosis plantar, el ligamento plantar

largo, el ligamento plantar corto y el ligamento calcáneo navicular plantar (ligamento de Spring).

Las conclusiones de Ker <sup>112</sup> contradicen la teoría del mecanismo de Windlass, que considera la fascia plantar como una estructura rígida que sufre poca deformidad, sin embargo, hasta la actualidad diversos autores <sup>113-116</sup> han realizado estudios con resultados similares, confirmando que la fascia plantar sufre deformaciones durante la actividad dinámica y como concluye Griffin <sup>116</sup>, el mecanismo de Windlass solo explica la función del pie en carga estática y no en dinámica.

#### *2.2.4. El mecanismo de Windlass desde la mecánica.*

La aplicación de las leyes mecánicas básicas, el estudio de la acción muscular y ligamentosa, son la base de la explicación de Fuller <sup>117</sup> sobre la movilidad del ALI. En su descripción destaca el análisis de la función del primer metatarsiano y la necesidad de que exista un equilibrio de fuerzas que actúan sobre el mismo para explicar la capacidad de movimiento del ALI y las diferencias de elevación y descenso en diferentes situaciones morfológicas y en patologías de la primera AMTF. Se propone un modelo mecánico del funcionamiento del ALI, en el cual los momentos de fuerza que actúan sobre la cabeza y la base del 1º MTT junto con la acción de la fascia plantar sobre el calcáneo y la falange proximal del primer dedo, explican los movimientos que se generan en 1º radio, AMT, ASA y TPA cuando se activa en carga estática el mecanismo de Windlass mediante la FD del hallux.

### 2.2.5. Sistema de reparto de cargas del ALI.

Kirby <sup>118</sup>, en 2017 desde el punto de vista de la mecánica, explica el funcionamiento del ALI mediante el “sistema de reparto de cargas del ALI”. Bajo este prisma, el funcionamiento del ALI se fundamenta en que además de una estructura ósea capaz de resistir a las cargas compresivas, el ALI puede realizar sus funciones (aplanamiento para la adaptación al terreno y rigidez para transmisión de fuerza muscular para la propulsión) gracias a la estructura de las partes blandas que funcionan de forma sinérgica para regular su aplanamiento y elongación.

Este sistema de carga estaría formado por la fascia plantar, los músculos plantares intrínsecos, los músculos plantares extrínsecos y los ligamentos del ALI. En estas cuatro dimensiones la capa más superficial (la fascia) y la más profunda (los ligamentos) funcionan como tejidos pasivos, que solamente oponen resistencia cuando son tensados en exceso, y las capas medias, formadas por músculos intrínsecos y extrínsecos, como tejidos activos son controladas por el sistema nervioso central. El trabajo sinérgico va a permitir que cuando uno de los elementos falla los otros sigan permitiendo el funcionamiento del ALI. Según el autor, “el sistema de reparto de cargas permite al pie comportarse como un muelle con rigidez variable controlada de forma activa por el sistema nervioso central”.

El estudio y análisis de las diversas teorías que explican el funcionamiento del ALI, nos conducen a aceptar que se producen variaciones en su longitud y altura durante la estática y la dinámica. Estas variaciones son generadas por cambios en la fascia plantar y los ligamentos cuando nos encontramos en carga estática <sup>119</sup>. Durante la dinámica se combinan las acciones musculares y a la resistencia de los tejidos ligamentosos y la fascia plantar <sup>116</sup> para contener estas variaciones, considerando que los elementos óseos y su disposición constituyen el armazón básico estructural del ALI.

### 2.3. Morfología del arco longitudinal interno y clasificación

#### 2.3.1. Morfología del arco longitudinal interno

Históricamente, en el contexto clínico se ha considerado el ALI como una estructura relevante en la observación, diagnóstico y tratamiento de las alteraciones y deformidades del pie, de hecho, las primeras descripciones de deformidades de los pies solo hacían referencia a diferentes alturas del ALI. En el siglo I DC el médico y cirujano Galeno (130-210 DC) destacaba la morfología del ALI como el parámetro fundamental de clasificación y observación del pie y realizaba la primera descripción de la disminución de altura del ALI, a la que denominó pie plano. Idéntica atención se dedicó a la elevación excesiva del ALI, que desde el ámbito de la ortopedia Little en 1853, denominó “pie excavado”, aunque también fue conocido como “pie en garra”, “pie enrollado”, “pie arqueado” o “pie Cavo”<sup>120</sup>.

La altura del ALI es considerada como una de las características estructurales más variable e importante para clasificar la morfología del pie <sup>7,121</sup>. Clínicamente la categorización de la altura del ALI en carga conduce a realizar la clasificación de cada pie dentro de las categorías de pie con altura de ALI disminuida o pie plano, pie con altura de arco normal o pie normal y pie con altura de arco aumentada o pie cavo (figura 2). La categorización del ALI en una de estas tres categorías es una de las características principales observadas por los clínicos, de diferentes profesiones de ciencias de la salud, cuando realizan la valoración del pie en todos los grupos poblacionales. A pesar de la relevancia que se concede a la morfología del ALI, no existe en la actualidad un método clínico de medición considerado como *Gold Standard* para poder realizar esta clasificación.



*Figura 2. Morfologías de ALI bajo, ALI normal y ALI elevado*

Como parámetro de normalidad del ALI, independiente de los valores de un método de medición concreto, podemos hacer referencia a la valoración visual no cuantitativa que se fundamenta en la inspección de las curvaturas que forma el arco longitudinal interno y la alineación del pie. Desde esta valoración, se define al ALI cómo una semicircunferencia que posee una morfología regular y en la cual el punto más alto se localiza a la altura del escafoides. Escalas validadas que miden la postura del pie como el *Foot Posture Index 6* (FPI6) incorporan entre los puntos de valoración la inspección visual del ALI. La valoración visual se realiza durante el examen clínico rutinario y cuando se sitúa al paciente sobre un podoscopio puede incorporarse además la valoración de los apoyos plantares<sup>31</sup>.

Debe destacarse que el aspecto dimensional de la altura del ALI no debe ser considerado como patológico en sí mismo, sino como un aspecto morfológico del pie, característico de cada persona, y con posible influencia en el desarrollo de otras patologías. No debe obviarse, que aunque existen patologías con idéntica denominación, como son el pie plano y pie cavo, no son diagnosticadas únicamente cuando existe la alteración morfológica del ALI, si no que esta debe estar acompañada de alteraciones morfológicas

que afectan al retropié y al antepié, pueden llevar asociadas alteraciones funcionales de la articulación tibioperonea astragalina (TPA), los dedos, estructuras musculares o ligamentosas, alteraciones objetivas de las funciones dinámicas del pie y sintomatología como dolor o fatiga.

Si analizamos el patrón morfológico del ALI en la población adulta, se estima que un 60% posee un ALI normal. Así, estudios sobre población general multiétnica adulta en Estados Unidos, estiman el porcentaje de arcos bajos en un 19% y arcos elevados en torno a un 5% al realizar una exploración visual del ALI <sup>122</sup>. Datos descriptivos del estudio Framingham, sobre una población de 2445 adultos, obtienen porcentajes de 59,3% pies normales, 21,3% cavos y 19,5% planos, realizando la clasificación basándose en la medición de apoyos plantares <sup>123</sup>. En un estudio observacional aleatorio estratificado sobre población adulta mayor de 40 años en el municipio de Cambre, en A Coruña (España) se reflejan porcentajes de arco planos entorno al 22-23% y arcos elevados entorno al 27-28% realizando la clasificación sobre mediciones de huella plantar <sup>53</sup>, valores similares a los obtenidos por Sánchez <sup>124</sup> en un estudio descriptivo en una población adulta joven en Chile al realizar la clasificación con mediciones sobre huella plantar.

### *2.3.2. Factores que influyen en la morfología del arco longitudinal interno*

Se considera que la altura del ALI se debe a la morfología de las estructuras óseas y al posicionamiento de estas, a la morfología y fuerza muscular <sup>125</sup>, a la longitud y laxitud ligamentosa <sup>119</sup> y al funcionamiento normal del sistema nervioso <sup>126,127</sup>.

La condición del desarrollo del ALI es la existencia de un pie plano flexible al nacimiento que se irá formando durante la primera década de la vida de forma progresiva hasta alcanzar una morfología y funcionamiento normal <sup>128</sup>. De este modo, la morfología del ALI se considera que está condicionada por factores intrínsecos del individuo como su condicionamiento genético, la raza, el sexo, el IMC o la edad y factores extrínsecos como el estilo de vida, el calzado o la actividad física <sup>53,129-131</sup>.

Las alteraciones patológicas como el pie plano que se acompañan de alteraciones morfológicas del ALI, poseen un componente familiar importante, por lo cual durante la infancia debe prestarse mayor atención en el control de la evolución a aquellos niños que presentando condiciones de pie plano fisiológico poseen antecedentes familiares de la alteración <sup>132</sup>.

Las diferencias étnicas en la morfología del pie condicionan la posible existencia de diferencias en la morfología del ALI. Diversos estudios han acreditado la existencia de diferencias en la longitud, altura y anchura del pie entre razas <sup>133-135</sup>, resultando de estas características diferencias en la morfología del ALI cuando se realizan mediciones antropométricas. Golightly et al <sup>67</sup> evidencian que la frecuencia de pies planos es mayor en población adulta afroamericana que en población adulta blanca, obteniendo un OR ajustado por edad, sexo e IMC de 3.19 (IC 95% 2,31-3,75). Choi et al <sup>11</sup> han encontrado que las mujeres de mediana edad pertenecientes a la etnia Masái presentan ALI más descendidos que las mujeres Coreanas y Stolwijk et al <sup>13</sup> encuentran diferencias significativas en la morfología del ALI al analizar las mediciones geométricas en estática y en la morfología de la huella plantar entre población Malawi y Holandesa.

Las diferencias en la morfología del pie entre sexos han sido evidenciadas por distintos estudios enfocados al diseño de calzado <sup>136,137</sup>, coincidiendo todos en la necesidad de trabajar con hormas diferentes para fabricar calzado femenino y masculino por las diferencias perimetrales, de longitud y anchura existentes. Sin embargo, en la búsqueda de diferencias en la altura del ALI entre sexos, que ha sido abordada por estudios realizados con técnicas radiológicas y clínicas, se han hallado resultados discrepantes entre investigaciones, destacándose como posible causa de las discrepancias, la inexistencia de uniformidad en los métodos de medición y/o clasificación de la morfología del ALI utilizados. Idéntico argumento emiten Butterford et al <sup>138</sup> al estudiar las diferencias existentes en la morfología del ALI entre grupos clasificados por el IMC. Las evidencias y conocimientos existentes sobre la influencia del sexo e IMC en la altura del ALI, cuyo estudio configura uno de los objetivos del presente estudio, serán abordados con detalle en el apartado de antecedentes y estado actual del tema.

Las diferencias morfológicas del ALI en diferentes grupos de edad han sido corroboradas por estudios como el de Scott <sup>130</sup> y Redmon <sup>139</sup>, las diferencias en este caso son significativas entre el grupo de jóvenes y ancianos en todos los aspectos analizados, concluyéndose que en el grupo de ancianos hay mayor pronación (FPI6), la huella es más plana (AI) y el navicular se encuentra más descendido. En el estudio realizado por Pita-Fernández et al <sup>53</sup> sobre pie plano, el aumento de edad se muestra como un factor de riesgo independiente en la morfología de pie plano. Estas tendencias hacia menor altura del ALI en edades más avanzadas pueden justificarse por cambios en la morfología ósea de astrágalo, en el cual, según concluye Nozaki <sup>140</sup> tras realizar mediciones de 56 imágenes de tomografías de astrágalo y calcáneo, la superficie de astrágalo que articula con calcáneo se encuentra más orientada hacia posterior y más aplanada en los pacientes con mayor edad y las curvaturas de las superficies articulares con TPA y escafoides también tienden a aplanarse, lo cual va a generar que exista mayor inclinación en dirección anteroposterior y pueda existir mayor recorrido en pronación de la ASA.

El abordaje del estudio de la influencia de los factores externos sobre la morfología del ALI ha sido analizado principalmente en los ámbitos de la infancia <sup>141-143</sup> y el deporte <sup>47,48,144,145</sup>, para analizar factores, como el terreno, el calzado y/o el gesto deportivo, que influyen en el posicionamiento del pie y en la evolución de la pronación y altura del arco en función del tipo y/o intensidad de ejercicio físico realizado.

De lo expuesto en este apartado se puede concluir que la influencia de los diversos factores en la morfología del ALI ha sido motivo de múltiples investigaciones y que unos de los problemas principales para poder extraer conclusiones válidas es la variabilidad de métodos de medición y la diferencia observada en la influencia de los factores en los resultados obtenidos al analizar la morfología del ALI con diferentes métodos. Es por ello por lo que se considera necesario que para cumplir con el objetivo descriptivo y analítico planteado se deben de realizar las mediciones del ALI con diferentes métodos.

#### 2.4. Métodos de medición de altura del arco longitudinal interno

En el ámbito clínico, la valoración y clasificación del tipo de pie en carga estática es utilizada como método de identificación de alteraciones morfoestructurales del pie y como parámetro influyente en la aparición de situaciones patológicas <sup>31</sup>. La valoración y clasificación de la altura del ALI se considera el parámetro más importante en el análisis morfoestructural del pie para establecer una clasificación del tipo de pie <sup>8,30,146</sup>.

Se han descrito diferentes técnicas y varias mediciones cuantitativas en cada una de las técnicas para determinar la medición de la altura del ALI y poder clasificarlo en una de las tres categorías: arco normal, arco elevado o arco bajo.

Saltzman en 1995 <sup>6</sup>, clasifica la totalidad de técnicas de medición del ALI en dos categorías bien diferenciadas: métodos directos, aquellos que engloban las mediciones antropométricas que se realizan de estructuras sobre el propio ALI o bien sobre radiografías y métodos indirectos, aquellos que incluyen el análisis de la huella plantar y análisis de imágenes del pie. Razeghi en 2002 <sup>31</sup> propone una agrupación diferente en 4 categorías: inspección visual no cuantitativa, valoración antropométrica, parámetros de la huella plantar y evaluación radiográfica. La diversificación de técnicas de clasificación del ALI conduce a que en 2010 Xiong et al <sup>147</sup> amplíen las categorías propuestas por Razeghi <sup>31</sup>, incluyendo los índices relacionados con la postura del pie, como el foot posture index, índices de los diferentes ángulos del pie, como el ángulo de retropié, e índices relacionados con la función del pie, como el índice de desplazamiento del centro de presiones.

Algunos autores <sup>57,62</sup> apuntan a que las mediciones radiográficas deben considerarse el método Gold Estándar para la medición de la altura del ALI y la posterior clasificación de la morfología del pie (normal, plano o cavo). Sin embargo, además de la contraindicación del uso de radiaciones ionizantes por los riesgos que su acumulación puede suponer para la salud, las mediciones de altura del ALI realizadas sobre radiografías no están exentas de limitaciones y variabilidad. Las principales limitaciones radican en el cumplimiento de principios generales de prevención de exposición a radiaciones ionizantes en el ámbito clínico <sup>60</sup>, que especifican que el paciente solo debe

ser expuesto a radiaciones ionizantes cuando los resultados obtenidos con las pruebas supongan un efecto directo sobre su tratamiento y que siempre que sea posible se utilizarán pruebas que no sometan al paciente a radiaciones ionizantes. Además de los riesgos que supone la exposición a radiación, las mediciones realizadas sobre imágenes radiográficas pueden arrastrar errores, al igual que las mediciones clínicas, puesto que el clínico puede encontrar dificultades para marcar puntos de referencia si existen problemas de distorsión en los bordes óseos y cuando se realizan mediciones angulares, pueden generarse diferencias entre observaciones y entre observadores al realizar el trazado de líneas y mediciones de los ángulos <sup>30</sup>.

Analizados los problemas y limitaciones de utilizar de forma sistemática las radiaciones ionizantes, en el ámbito clínico e investigador, se revela como necesario analizar la descripción y análisis de los métodos clínicos que son utilizados con mayor frecuencia y que poseen estudios de fiabilidad y validez. Analizaremos a continuación, siguiendo la clasificación de métodos expuesta por Razeghi, <sup>31</sup> los métodos de clasificación mediante inspección visual no cuantitativa, los métodos de medición de huellas plantares, los métodos de medición antropométrica y finalmente los métodos análisis de la postura del pie.

#### *2.4.1. Inspección visual no cuantitativa del ALI*

La inspección visual no cuantitativa del ALI consiste en la observación, por parte de un clínico con experiencia, de la morfología que posee la curvatura del ALI. Esta visualización tiene que realizarse con el paciente en posición de bipedestación, para realizar la valoración cuando el ALI ya ha variado su morfología al ser sometido a las fuerzas de compresión generadas por el peso corporal. La observación de la forma de la curvatura formada bajo astrágalo, escafoides, primera cuña y base y diáfisis de primer metatarsiano, así como los tejidos blandos que cubren a la estructura ósea nos facilitará una imagen inicial de cómo podemos clasificar el ALI. Un ALI normal se distingue porque forma una concavidad de vértice superior que se asemeja a una

semicircunferencia. Cuando el ALI es bajo o plano la concavidad disminuye, desaparece o incluso en los casos de mayor deformidad, como por ejemplo en el pie plano astrágalo vertical, se forma una convexidad en la zona media del pie. El ALI elevado o cavo se caracteriza por la existencia de una agudización de la concavidad, que habitualmente se eleva más en la parte correspondiente a la articulación astrágalo escafoidea. Esta descripción visual ha sido plasmada con puntuación en el ítem 5 de la escala definida por Redmond et al como FPI6 <sup>148</sup>.

#### 2.4.2. Métodos de observación y medición de la huella plantar.

Entre los métodos indirectos más utilizados, se encuentra la observación y medición de la huella plantar, que desde el siglo XVIII, se ha utilizado como sistema rutinario de medición de la altura del ALI <sup>149</sup>. Se atribuye la primera clasificación de morfología de las huellas plantares al cirujano ortopédico Francés Édouard François Kirminsson, que en 1890 en la obra *“Leçons cliniques sur les maladies de l'appareil locomoteur”* propone la primera clasificación de huellas de los pies planos <sup>2</sup>. Ombrédanne, posteriormente, añade a esta clasificación la morfología de la huella de los pies cavos y en 1952, con la primera edición de *“Pathologie du pie”*, Jean Lelièvre introduce la exploración de la huella plantar a través del podoscopio y define la clasificación del pie normal, cavo y plano en función de la anchura del istmo. Esta clasificación fue modificada en la cuarta edición de la obra, en el año 1982, añadiendo el cuarto grado de pie plano descrito por Viladot.

La exploración y valoración de la huella plantar han sido objeto de investigación constante hasta la actualidad, aplicando en cada momento los avances tecnológicos necesarios para desarrollar los métodos de captación y medición de la huella con el objetivo de poder cuantificarla y clasificarla como reflejo de la morfología del ALI.

El tratamiento de la huella plantar, así como los métodos de obtención, han variado sustancialmente a lo largo de los años. En las definiciones emitidas por Lelièvre y Viladot se realiza una propuesta de valoración de la huella por visualización clínica situando al paciente sobre el podoscopio. También se desarrollan mediciones basadas en el cálculo

de proporciones entre parámetros de las huellas como el índice de Chipaux-Smirak, o el ángulo de Clarke. El desarrollo de la capacidad para medir superficies aplicado al estudio de las huellas plantares, conduce a nuevos valores de referencia que calculan proporciones entre las áreas de apoyo medibles y se desarrollan valores como arch index. La innovación tecnológica en las últimas décadas conduce a realizar el estudio de la huella plantar mediante el registro y medición de las presiones plantares, facilitando a su vez la medición de áreas con índices como el o arch index modificado y permitiendo el estudio dinámico de la evolución de las presiones plantares en cada caso.

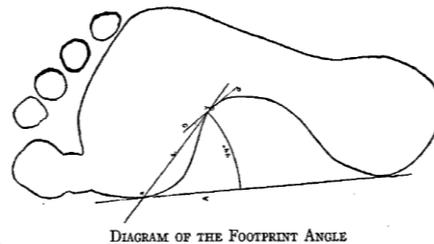
Diversos estudios <sup>56,150,151</sup> han utilizado la valoración visual de la huella plantar como método de medición de altura del ALI, sin embargo, debemos tener en cuenta conclusiones como la emitidas por Menz <sup>152</sup>, que tras realizar un estudio para comprobar la fiabilidad de la valoración visual del AI sobre huella plantar, concluye que la valoración visual puede ser utilizada como cribaje de clasificación de la morfología del pie, pero que en estudios de investigación o estudios clínicos detallados la valoración visual de la huella no es válida para determinar la morfología del ALI y que deben de realizarse las mediciones pertinentes.

A continuación se exponen los parámetros más utilizados de medición de la huella plantar. Se presentan clasificados en función de las técnicas utilizadas para determinar las mediciones, presentándose los parámetros que de forma más habitual han sido utilizados en los estudios de investigación publicados en la bibliografía de las últimas dos décadas.

#### 2.4.2.1. Mediciones basadas en cálculo de proporciones longitudinales y ángulos en la huella plantar.

Angulo de Clarke o Arch Angle: Angulo definido por Clarke en 1933 <sup>153</sup>. Mide el ángulo formado por la línea que representa el borde medial del pie, borde interno de la huella plantar que se determinará trazando una línea desde el punto de apoyo más interno de retropie hasta el punto de apoyo más interno del primer MTT. Una segunda línea se trazará desde el borde más interno del primer MTT hasta el punto que coincide con la

zona metatarsal que se encuentra en la parte más pendiente del arco (figura 3). Los mayores inconvenientes de este método son las dificultades para establecer el punto de referencia de la línea B, la inexistencia de valores de referencia para clasificar los diferentes tipos de morfologías de ALI y la incapacidad de obtener angulaciones para los pies con un istmo muy ensanchado <sup>154</sup>.



*Figura 3. Imagen que muestra las líneas de referencia y el trazado del ángulo que forman dichas líneas para realizar el cálculo de ángulo de Clarke <sup>153</sup>*

Indice de Chippaux-Smirack: Se determina calculando la ratio del valor de la distancia en la zona más estrecha del mediopié entre el valor de la distancia en la zona más ancha del antepié <sup>155</sup>, figura4.

Indice de Staheli: Se determina calculando la ratio del valor de la distancia en la zona más estrecha del mediopié entre el valor de la distancia en la zona más ancha del retropié <sup>156</sup>, (figura 4).

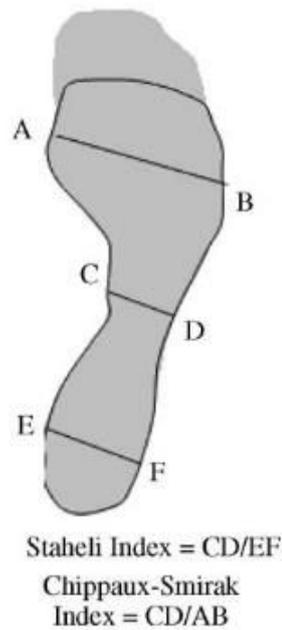


Figura 4. Imagen que muestra las distancias para el cálculo de los índices de Staheli y Chippaux-Smirak <sup>157</sup>

Ambos índices han sido utilizados en el estudio de la morfología del pie en poblaciones adultas y pediátricas <sup>156-159</sup>. Queen et al <sup>157</sup>, concluyen que son los índices de la huella plantar que presentan mayor fiabilidad inter e intraobservador. Sin embargo, a pesar de ser mediciones muy similares, González- Martín et al <sup>155</sup>, obtienen valores de concordancia reducida, para el diagnóstico de la morfología del pie, entre ambos métodos y Queen et al <sup>157</sup> obtiene valores de correlación bajos respecto a las medidas antropométricas de altura de navicular y BAI ( altura de navicular normalizada) ;Por el contrario, un estudio de Zuil-Escobar et al <sup>160</sup>, la determinación de la correlación medida entre ambos métodos resulta excelente o muy buena.

Los métodos de medición de la huella plantar basados en medición de angulaciones y

proporciones longitudinales han sido y son utilizados en estudios de análisis poblacional, a pesar de que su validez no ha sido contrastada respecto a mediciones radiográficas. Según Carrasco et al <sup>30</sup>, el índice de Staheli es el método recomendado entre todos los aplicados en las mediciones de huellas plantares, por la fiabilidad de las mediciones y por la valoración obtenida en la revisión sistemática que realizan.

#### 2.4.2.2. Mediciones basadas en el cálculo de áreas y proporciones entre las áreas de contacto

Entre los métodos de cálculo de áreas, definiremos el Arch Index o índice del arco (AI), que según Nikolaidou y Boudolos <sup>161</sup> es el más estudiado en la literatura científica. Además incluiremos la descripción del Índice de la huella plantar (footprint index) y el índice de la longitud del arco como medidas propuestas para mejorar los parámetros de fiabilidad y validez del Arch index.

Arch Index (AI): Fúe definido por Cavanagh & Rodgers en 1987 <sup>121</sup> como propuesta para mejorar la medición de las huellas plantares con un índice aplicable a todo tipo de morfologías del ALI. Cavanagh y Rodgers proponen que la medición de AI debe realizarse en huellas en estática, en las que indican que debe de controlarse el porcentaje de carga en la extremidad cuando se busca fiabilidad, y desaconsejan el cálculo sobre huellas en dinámica, por la dificultad de reproductibilidad de recogida de la huella en idéntico momento de la marcha.

Para determinar el AI, Cavanagh y Rodgers proponen que una vez obtenida la huella plantar se dibuje todo el contorno de la huella excluyendo los dedos con una herramienta digital; Además se determinará el punto más posterior del apoyo de talón y el punto más anterior del apoyo de antepié, excluyendo el apoyo de los dedos. La unión de ambos puntos determinará la línea longitudinal de la huella, que una vez medida se dividirá, mediante líneas perpendiculares en tres secciones idénticas que limitan las áreas de retropié, mediopié y antepié. Una herramienta digital deberá ser utilizada para hallar el área de huella plantar cada una de las partes, calculándose el área total de la huella

realizando el sumatorio de las mismas. El AI, como puede apreciarse en la figura 5 ,se calcula al hallar la ratio del área de mediopié dividida por el área total de la huella.

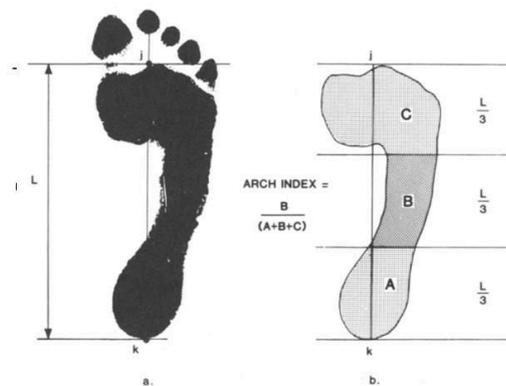


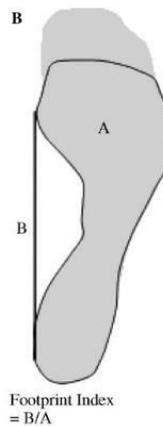
Figura 5. Método de cálculo de AI sobre huella plantar definido por Cavanagh y Rodgers<sup>121</sup> .

Cavanagh y Rodgers al realizar una agrupación por cuartiles en una muestra de 107 pies, establecen unos valores que determinarán la morfología de la huella plantar, estableciendo que un valor de AI de 0,21 a 0,26 se corresponde con una morfología de arco normal; valores inferiores a 0,21 representan arcos elevados y valores superiores a 0,26 arcos bajos.

El AI ha sido utilizado en múltiples estudios <sup>58,162-166</sup> como variable que mide la altura del ALI puesto que, a pesar de que existen discrepancias sobre su capacidad para reflejar la altura del ALI, esta considerado como el parámetro que ha demostrado ser capaz de clasificar mayor porcentaje de pies en función de la morfología del ALI <sup>154</sup>.

Índice de la huella plantar (*Footprint Index*): Representa la ratio entre el área de no contacto de la huella plantar respecto al área total de contacto de la huella, excluyendo el apoyo de los dedos. Para determinar el área de no apoyo se delimita la huella realizando una línea que une el punto más interno del borde interno de retropié y el punto más interno

del borde interno del antepié <sup>31,147</sup> (figura 6). Xiong determina que el coeficiente de correlación entre el índice de la huella y la altura normalizada del navicular normalizada, también denominada Bony Arch Index (BAI) es  $r= 0,688$ ;  $p<0,05$ ; La correlación con AI es mayor, pero con sentido inverso  $r=-0.892$ ;  $p<0,05$ .



*Figura 6 . Representación de las áreas de cálculo de índice de huella plantar <sup>157</sup>*

Arch index truncado: Se define como la ratio entre el área de no contacto del arco (A) y el área de contacto truncada, la cual se determinará calculando el área de la huella delimitada por el punto más medial de la parte posterior de la huella y el punto más medial de la zona de antepie (B) <sup>64</sup>(figura 7) .

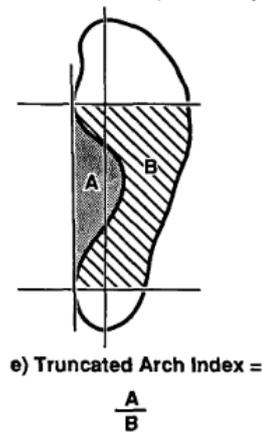


Figura 7. Representación de las áreas de cálculo de Índice del arco truncado<sup>64</sup>

#### 2.4.2.3. Mediciones de distribución de las presiones plantares.

La medición de presiones de la huella plantar ha generado la definición de una modificación del AI, que según Chu et al <sup>167</sup> es una medida más fiable y estable en el tiempo que AI, sin embargo, la complejidad técnica de su obtención y análisis hace que sea descartada en investigación y en el ámbito clínico <sup>31</sup>.

El Arch Index modificado es un índice que combina el cálculo de AI con el uso tecnología de sensores de presiones. AI modificado debe de ser calculado sobre el mapa de la huella obtenida con sensores de presiones, así se calcula la ratio de las presiones medias que se presentan en mediopie entre las presiones medias totales de la huella plantar. Chu et al, en una investigación en la cual calculan la relación entre las medidas de huella plantar, AI analizado con pixels para determinar las áreas y AI modificado analizado con presiones, con la altura de tubérculo de escafoides obtienen un coeficiente de correlación de  $r=-0,70$  para AI y  $r=-0,71$  para AI modificado.

### 2.4.3. Mediciones antropométricas de la altura del ALI

Al referenciar las mediciones antropométricas de altura del ALI, se considera importante mencionar la reflexión compartida por Saltzman <sup>6</sup>, extraída de las conclusiones de un estudio realizado por Stewart en 1970 en el cual, tras realizar mediciones radiológicas y clasificaciones con técnicas clínicas de morfologías de ALI, afirma que “ a pesar de la diversidad de tipos de arco observada con los métodos clínicos, se encuentran marcadas similitudes en las mediciones realizadas sobre radiografía. Esto nos permite sospechar que el esqueleto se encuentra vestido con ropas de diversos tejidos que hacen variar su apariencia”. Con esta reflexión se enfatiza la importancia de que las referencias óseas formen parte de las técnicas de medición antropométrica. Por ello las técnicas antropométricas utilizadas para medir el ALI se consideran que deben llevar como referencia la localización de algún punto óseo que facilite la referencia estructural y que además ayudará a disminuir la subjetividad en la medición.

Como métodos clínicos no radiológicos de medición de la altura del ALI, se definen alturas propiamente dichas y angulaciones medidas entre diferentes estructuras óseas implicadas en la morfología del ALI. A continuación, se exponen los métodos más habitualmente referenciados y utilizados.

Altura del Arco o altura de escafoides o navicular: Se considera que la medición directa de la altura del punto más alto del ALI en el plano sagital es el método más simple de obtener un valor cuantificable sobre la morfología del arco longitudinal interno. La prominencia o tuberosidad del escafoides representa el punto localizable por palpación más elevado del ALI, por lo cual se mide la distancia desde esta protuberancia ósea hasta la superficie de apoyo del suelo.

A pesar de la simplicidad de esta medición, su valor bruto impide la realización de comparaciones o establecimiento de parámetros, puesto que las diferentes alturas también variarán con las diferentes longitudes del pie. Por esta razón Cowan et al <sup>168</sup>, empiezan a normalizar las alturas del ALI y definen Boni Arch Index (BAI) o altura de navicular normalizada, que será la ratio de la altura de navicular frente a la longitud del pie,

definiendo esta como la distancia desde el punto más posterior de retropié hasta la primera articulación MTF. Posteriormente diferentes autores redefinen los puntos de referencia de antepié y esta variación, junto con el porcentaje de carga que está soportando el pie en el momento en el que se realiza la medición, generan según McPoil <sup>62</sup> dificultades para realizar comparaciones entre diferentes estudios y establecer valores de referencia de normalidad.

En la actualidad para evitar esas discrepancias se establecen dos mediciones diferenciadas para la normalización de la altura de tubérculo de escafoides:

*Boni Arch Index* (BAI) o altura de navicular normalizada, que será la ratio de la altura de navicular frente a la longitud del pie, definiendo esta como la distancia desde el punto más posterior de retropié hasta el punto más distal de los dedos.

*Boni Arch Index Trunc* (BAIT) o altura de navicular normalizada truncada, que será la ratio de la altura de navicular frente a la longitud del pie truncada, definiendo esta como la distancia desde el punto más posterior de retropié hasta el punto medio de la línea de la articulación MTF del primer dedo.

Para evitar la variabilidad aportada por la localización de la estructura ósea Williams & McClay <sup>54</sup> proponen realizar la medición de altura del ALI sobre el dorso del pie (figura 8), estableciendo como punto de referencia para la localización de la medición el punto del dorso del pie que se encuentra al 50% de la longitud del pie. Esta altura debe ser normalizada y en función de la longitud utilizadas se definen:

*Arch Height index* (AHI) o índice de altura del arco: Altura dorso del pie al 50% longitud total normalizada con la longitud total del pie (distancia desde el punto más posterior del retropié hasta el punto más distal de los dedos).

*Arch Height index Trunc* (AHIT) o índice de altura del arco truncada: Altura dorso del pie al 50% longitud total normalizada con la truncada (distancia desde el punto más posterior del retropié hasta la línea articular de la primera articulación MTF).

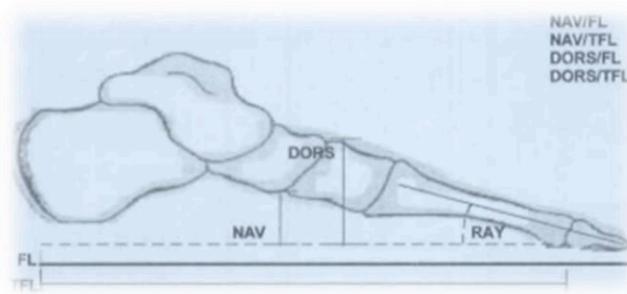


Figura 8. Puntos anatómicos de referencia propuesto por Williams & McClay para determinar las mediciones<sup>54</sup>.

Otras de las mediciones del escafoides muy utilizadas son el *Navicular Drop*<sup>169</sup>, cantidad de desplazamiento en el plano sagital del tubérculo de escafoides desde la posición de descarga a la carga y *Navicular Drift*<sup>170</sup>, cantidad de desplazamiento en el plano transversal del tubérculo de escafoides desde la posición de descarga a la carga. Si bien algunos autores los han vinculado a la clasificación de la morfología del ALI, debe considerarse que su carácter dinámico les permite medir la cantidad de movimiento, principalmente cantidad de pronación que se va a producir, la capacidad de estabilización de la ASA y/o la posición del pie en carga, pero no han sido validados para determinar la morfología del ALI.

#### 2.4.4. Métodos de determinación de la postura del pie

El término postura describe la manera en la que está colocado el cuerpo o una parte de este. Cuando se define la postura del pie se describe como se encuentra respecto a los tres planos corporales y por ello se utiliza el término pronado, cuando el pie se encuentra simultáneamente posicionado en abducción (plano transversal), flexión dorsal (Plano sagital) y eversión (plano frontal) y supinado cuando se describe un pie que se encuentra en aducción, flexión plantar e inversión <sup>88</sup>.

La posición del pie va a depender del posicionamiento de los elementos óseos, y este a su vez de la posición articular, principalmente de las articulaciones con mayor rango de movilidad, la ASA, la AMT y el primer radio. Estas tres articulaciones, determinantes en la postura del pie, forman la estructura ósea del ALI, por ello, variaciones en la postura del pie pueden implicar variaciones en la altura del ALI. A pesar de la relación evidente entre la postura del pie y la altura del ALI, la asimilación entre ambas no se considera correcta en todos los casos <sup>66</sup>. Cuando un pie adopta la posición pronada, la ASA estará también pronada, por lo cual el astrágalo se encontrará en flexión plantar y aducción y el calcáneo en eversión y eso provocará un descenso de la altura del ALI. Este descenso no implica que exista un ALI bajo o plano, si no que la estructuración previa de la bóveda plantar y del propio ALI determinarán la altura que mantendrá el ALI aun cuando el pie se encuentre en posición de pronación.

A pesar de esta diferencia entre posición del pie y morfología del ALI, la confusión generada desde la descripción de Morton en 1930 <sup>171</sup>, que bajo la definición de pie pronado incluye el pie que se encuentra volcado hacia interno y el pie con una reducción de altura del ALI, ha conducido a que se hayan realizado investigaciones <sup>58,67</sup> que asimilan la posición del pie a la morfología del ALI asumiéndose que siempre que el pie se encuentra pronado el ALI es bajo y siempre que el ALI es bajo el pie está pronado.

La capacidad de movimiento y adaptación van a provocar que la posición del pie sufra variaciones importantes en función de la carga a la que esté sometido y el momento

dinámico en el que se encuentre <sup>88</sup>. Las pruebas que intentan describir y/o cuantificar la posición del pie deben especificar la situación de carga y momento dinámico en los que se realiza la observación o medición. Lo más habitual es que la posición se analice y cuantifique en apoyo bipodal estático, con variaciones entre diferentes pruebas y protocolos de incluir o no el control de porcentaje de carga, el control del ángulo de posicionamiento del pie respecto a la línea media y/o controlar la separación entre ambos pies como herramientas que mejoran la fiabilidad de la prueba.

Las diferentes herramientas utilizadas para definir la postura del pie, muchas comunes a las utilizadas para la determinación de la morfología del ALI, se dividen en mediciones antropométricas, mediciones de huella plantar y mediciones radiográficas. Como destaca Langley <sup>55</sup> estos métodos poseen en común que realizan la valoración en un solo plano del espacio, mientras que la herramienta más utilizada en la actualidad para valorar la postura del pie, el FPI6, es una herramienta en la cual se valora la posición en los tres planos corporales.

A continuación, se describen las pruebas más utilizadas para determinar la posición del pie.

**Ángulo de retropié:** Para determinar el ángulo que forma el retropié con la tibia, se deben de marcar unas líneas de referencia, la bisectriz del retropié y la bisectriz del tercio inferior de la pierna <sup>172</sup>. Jonson et al <sup>173</sup>, establecen que para determinar la bisectriz del calcáneo debe localizarse visualmente el punto medio de la parte inferior de la carilla posterior, y en la zona superior de la carilla posterior del calcáneo se localiza el punto medio del tendón de Aquiles, la unión de ambos puntos determinará la bisectriz del calcáneo. En la tibia propone localizar un punto medio del tendón de Aquiles a la altura del maléolo tibial y establecer de nuevo ese punto medio 15cm más hacia proximal para obtener con la unión de ambos puntos la bisectriz del tercio inferior de la tibia.

A partir de estas líneas de referencia se establece la medición del ángulo de retropié, en apoyo bipodal estático, se medirá el ángulo que forma la bisectriz de retropié respecto a la bisectriz de la tibia. Jonson et al <sup>173</sup> consideran que un pie normal debe presentar un

ángulo de retropié < 5 grados en valgismo para poder hablar de pie neutro.

La Línea de Feiss, es un método descrito en 1909 para medir las variaciones en la posición y deformidades del pie <sup>174</sup>. Para determinar su valor, el primer paso es marcar las referencias: el punto más medial del maléolo tibial; el tubérculo del escafoides y el borde más medial de la cabeza de primer MTT. A continuación, se debe extender una línea desde el punto del maléolo hasta el punto de la cabeza de primer MTT; Una vez marcada debe realizarse una línea perpendicular a la primera y que la corta desde el punto del tubérculo de escafoides, sobre la cual se medirá la distancia del punto del tubérculo del escafoides hasta la línea que une al maléolo con el 1º MTT (figura 9). Cuanto más pronado está el pie, mayor será esa distancia puesto que el escafoides migra en PF e inversión, esta medida también puede ser utilizada midiendo el posicionamiento en descarga y carga para valorar la cantidad de movimiento e incluso se ha propuesto la comparación entre la medición en apoyo bipodal y mono podal como valoración de la cantidad de pronación que realizará el pie en apoyo mientras el contralateral se encuentra en la fase de balanceo.

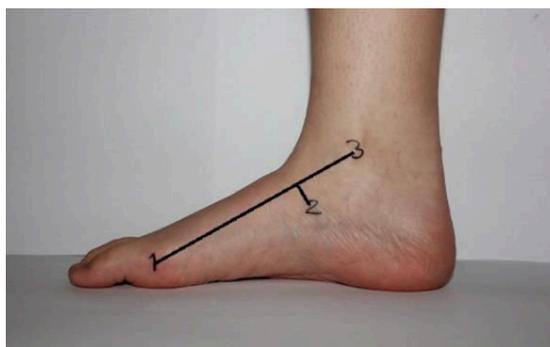
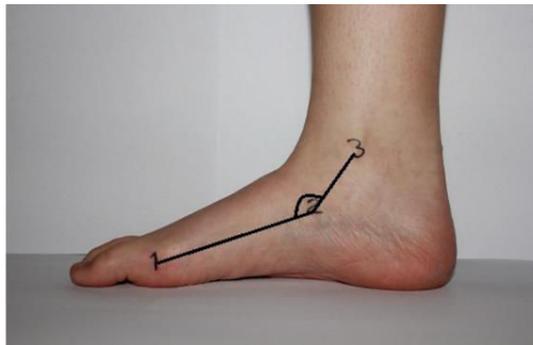


Figura 9. Puntos de referencia de la línea de Feiss<sup>175</sup>

Ángulo longitudinal del ALI: Para poder medir este ángulo deben marcarse dos líneas, una primera línea desde el punto medio maléolo medial hasta el tubérculo de escafoides y una segunda línea desde el tubérculo del escafoides hasta el borde más interno de la cabeza del primer metatarsiano (figura 10). El ángulo debe medirse en la posición relajada de calcáneo en apoyo y en la posición neutra de calcáneo en apoyo. Se considera que este ángulo, que refleja la altura y longitud del ALI, es capaz de clasificar la altura y comportamiento del ALI.



*Figura 10. Referencias para la medición del ángulo longitudinal del ALI<sup>175</sup>*

Se considera importante conocer si determinados métodos de medición se invalidan para realizar la clasificación de la morfología del ALI cuando la persona en estudio tiene unas determinadas características porque el método no debe representar un factor de confusión para alcanzar el diagnóstico. Del mismo modo consideramos importante conocer si la morfología del ALI varía en función del sexo, puesto que en ocasiones será necesario tener unos valores de referencia de normalidad, que en el caso de existir diferencias entre sexos habría que determinar.

#### 2.4.4.1. *El Foot Posture Index 6*

Desde la publicación de la Guía de Uso y Manual <sup>176</sup> en 2005, la publicación del proceso de validación de la herramienta en 2006 <sup>148</sup> y la determinación de los valores estándar en población adulta en 2008 <sup>139</sup> el *Foot Posture Index 6* (FPI6), propuesto por Anthony Redmon, se ha convertido en una de las herramientas clínicas más utilizada para determinar la postura del pie, y considerar si se encuentra en posición pronada, supinada o neutra. En la descripción del FPI6 se establecen los principios de las pruebas que condujeron a la elaboración de la herramienta <sup>176</sup>, estableciendo que las mediciones deben de ser fáciles de realizar, tiempo de realización eficiente, no debe depender de tecnología costosa, los resultados deben de ser fáciles de entender y los datos de evaluación deben de ser cuantificables.

El sujeto se posiciona en apoyo bipodal en posición relajada, con el objetivo de conseguir esta posición se le solicita que realice una simulación de pasos sin desplazamiento antes de realizar la visualización, hasta encontrarse en una posición cómoda, que debe conservar y mantener durante la observación, durante la cual debe mantenerse lo más estático posible. Los miembros superiores deben de permanecer estirados a lo largo del cuerpo y el sujeto debe de evitar inclinarse o girarse durante la realización de la prueba. El clínico que realiza la prueba debe posicionarse para realizar una visión posterior de los pies del paciente.

Una vez alcanza la posición se procede a valorar los seis criterios clínicos utilizando:

##### 1. *Palpación de la cabeza de astrágalo:*

Con el dedo índice medio y pulgar contralateral al pie explorado se palpará el borde lateral y medial de la cabeza del astrágalo a nivel de la zona anterior del tobillo. En algunas circunstancias es necesario movilizar la tibia en rotación interna y externa para desplazar al astrágalo en eversión e inversión y localizar correctamente los bordes de la cabeza del astrágalo, permitiendo posteriormente la relajación. Los valores asignados se determinan siguiendo el siguiente esquema (Tabla 1)

Tabla 1. Valores del ítem Palpación de la cabeza de astrágalo

-2	-1	0	+1	+2
Cabeza de astrágalo únicamente palpable por externo	Cabeza de astrágalo más palpable por externo que por interno	Cabeza de astrágalo igual palpable por externo que por interno	Cabeza de astrágalo más palpable por interno que por externo	Cabeza de astrágalo únicamente palpable por interno

## 2. Curvatura supra e inframaleolar lateral

Se debe de visualizar las curvaturas que se forman en la zona superior e inferior al maléolo peroneal o lateral; la zona superior es la referencia puesto que su morfología depende de la estructura ósea peroneal y no varía con el posicionamiento del pie. La curvatura inferior depende del posicionamiento del calcáneo en carga, de tal forma que, si el calcáneo realiza eversión, posición pronada del retropié, se incrementará esta curvatura y si el calcáneo realiza inversión, posición supinada del retropié, disminuirá esta curvatura. La Tabla 2 muestra los valores asignados para la morfología de las curvaturas

Tabla 2. Valores de curvatura supra e inframaleolar lateral

-2	-1	0	+1	+2
Curvatura inframaleolar completamente plana o convexa	Curvatura inframaleolar más plana que la supramaleolar	Curvaturas iguales	Curvatura inframaleolar más cóncava que la supramaleolar	Curvatura inframaleolar mucho más cóncava que la supramaleolar

### 3. *Posición del calcáneo en plano frontal:*

El examinador debe situarse perpendicular en un plano posterior al pie observado, y debe valorar la angulación que forma la bisectriz de la carilla posterior del calcáneo respecto a la superficie de apoyo, no se considera necesario medir este ángulo para conservar la validez del FPI6. La posición en inversión (varo/varismo) de la bisectriz se dará en las posiciones supinadas y la posición en eversión (valgo/valgismo) en posiciones pronadas. La perpendicularidad será característica del posicionamiento neutro del pie.

Las posibles puntuaciones asignadas se detallan en la Tabla 3.

*Tabla 3. Valores de posición del calcáneo en plano frontal*

-2	-1	0	+1	+2
Angulación mayor a 5° inversión	Angulación entre 0-5° de inversión	Perpendicular a la superficie de apoyo	Angulación entre 0-5° de eversión	Angulación mayor a 5° eversión

### 4. *Prominencia de la región de la articulación talonavicular/astrágalo-escafoidea:*

La valoración de este parámetro se basa en la observación de la región de la articulación astrágalo-escafoidea, cuya morfología dependerá de la posición adoptada por el retropié. La aducción del astrágalo, durante la posición pronada, generará una prominencia o convexidad. Si la posición del retropié es de supinación, el astrágalo realizará abducción y se podrá observar una concavidad. La posición neutra genera una congruencia articular astrágalo escafoidea que se refleja en que la zona aparece como una superficie plana. La asignación de valores numéricos se refleja en la Tabla 4.

Tabla 4. Valores de la prominencia de la región de la articulación talonavicular

-2	-1	0	+1	+2
Región talonavicular completamente cóncava	Región talonavicular Ligeramente cóncava	Región talonavicular plana	Región talonavicular ligeramente convexa/abultada	Región talonavicular completamente convexa/abultada

#### 5. Altura y congruencia del arco longitudinal Interno (ALI)

Deben de observarse las dos dimensiones del arco, la altura y la congruencia. En el pie neutro el arco debe ser congruente, similar a una semicircunferencia. Cuando el pie prona la altura de arco disminuye y se aplanan en la zona media, por el contrario en la posición supinada la altura aumenta y se agudiza en la zona posterior. Los valores asignados se reflejan en la Tabla 5.

Tabla 5. Valores de altura y congruencia del ALI

-2	-1	0	+1	+2
Arco muy elevado y angulado en zona posterior	Arco elevado y ligeramente angulado en zona posterior	Altura de arco normal y semicircular	Altura de arco ligeramente disminuido y ligeramente aplanado	Altura de arco muy disminuida y zona medial en contacto con el suelo

Este ítem se utilizó en el análisis estadístico como valor de referencia para determinar la concordancia entre la valoración visual de la morfología del ALI y las mediciones normalizadas de altura del ALI. La observación de la morfología del ALI se considera un parámetro dependiente de la experiencia clínica del observador. El observador que realizó las mediciones puede considerarse experto con más de 10 años de experiencia profesional.

#### 6. *Aducción/Abducción de antepié respecto al retropié:*

Para realizar la correcta visualización del parámetro el examinador debe de situarse posterior y paralelo al retropié a examinar y valorar el posicionamiento que adopta el antepié descartando previamente la existencia de deformidades rígidas. La posición de pronación provocará que el antepie se desplace hacia externo y la posición de supinación que el antepié se desplace hacia interno. El desplazamiento del antepié se valorará a través de la visualización de los dedos asignando los valores de la Tabla 6.

*Tabla 6. Valores de Aducción/Abducción de antepié respecto al retropié*

-2	-1	0	+1	+2
Solo se visualizan los dedos mediales	Dedos mediales más visibles que los laterales	Dedos laterales y mediales igualmente visibles	Dedos laterales más visibles que los mediales	Únicamente visibles los dedos laterales

#### Valoración y puntuación del FPI6:

La asignación numérica de cada ítem valorando, computará en el sumatorio final que nos determina en número el posicionamiento de cada pie. Los valores asignados poseen un rango desde -2 a +2, siendo 0 la neutralidad los valores negativos la tendencia a la supinación y los valores positivos la tendencia a la pronación. Los valores numéricos fueron categorizados en 5 y en 3 categorías durante el análisis estadístico en asignando los valores numéricos a las categorías del modo expuesto en la definición de variables.

## 2.5. Dolor y disfunción del pie

### 2.5.1. El dolor de pie: definición y epidemiología

La deambulación en bipedestación se considera una de las características que definen al ser humano, y una acción básica en la autonomía personal, la salud, el bienestar y la calidad de vida. Es por ello que el pie, como elemento imprescindible en la palanca de movimiento humano, ha sido objeto de observación y estudio para conocer la influencia que pueden tener diferentes alteraciones morfológicas, lesiones y enfermedades, sobre las capacidades del ser humano en la vida diaria <sup>177</sup>. Se considera que las alteraciones de la capacidad de deambulación de origen no neurológico están principalmente mediadas por la existencia de disfunción y dolor en alguna sección del miembro inferior y por ello se cree que las alteraciones del pie pueden ser causa de disfunciones importantes en la vida de las personas. Se describe que el dolor en el pie causa disminución de la funcionalidad y así merma la capacidad de autocuidado y también puede aumentar el riesgo de sufrir caídas durante la deambulación. En el 50% de las personas que lo padecen genera alteraciones en su carácter, obligando a alterar su comportamiento y/o actividades de la vida diaria. En general, se puede afirmar que el dolor de pie afecta a la calidad de vida física y psicológica de quien lo padece <sup>69,70</sup>.

El dolor de pie se define como una experiencia sensorial y emocional desagradable que se desencadena como consecuencia de la percepción del daño sufrido por cualquier tejido distal a la tibia o al peroné. La existencia de daño tisular posee su origen en el desencadenamiento de un proceso químico, mecánico o térmico que produce la alteración de los tejidos afectados. A su vez estos procesos pueden ser desencadenados por un traumatismo directo, una sobrecarga, una infección o patologías sistémicas <sup>70</sup>.

El porcentaje de población que padece dolor de pie se estima entre un 17-42%, dependiendo de la edad del grupo analizado <sup>68,72,178</sup>. Entre los factores que han sido estudiados como influyentes en la aparición de dolor de pie, destacan: el aumento de edad, el sexo femenino; el sobrepeso u obesidad y padecer otras enfermedades sistémicas crónicas como la diabetes o artritis <sup>70-72,179</sup>.

Los estudios realizados hasta el momento muestran discrepancias respecto a qué tipo de lesiones y/o deformidades se presentan cuando se padece el proceso doloroso en el pie. Estudios basados en auto cuestionarios, revelan que las lesiones dérmicas, ungueales, deformidades digitales y alteraciones del ALI se encuentran entre los motivos más atribuidos por los sujetos para estar padeciendo dolor de pie. Sin embargo, en la misma población, cuando el diagnóstico de las lesiones es realizado por personal especializado, únicamente la existencia de edema se manifiesta como factor de riesgo en la sensación dolorosa, sin que las deformidades de la morfología del pie, alteraciones del ALI o el HAV, se presenten como factores de riesgo en la percepción de sensación dolorosa <sup>180</sup>.

La posible relación entre el padecimiento de dolor en el pie y las diferentes morfologías del ALI, se basa en el concepto de que la existencia de variaciones de la arquitectura ósea del pie genera modificaciones en la distribución de cargas y fuerzas soportadas por los diferentes tejidos durante la bipedestación estática y la dinámica. Estas modificaciones serían responsables de causar sobrecargas o estrés elevado en determinadas estructuras en las cuales, según los principios de la teoría de estrés tisular <sup>181</sup>, se desencadenarían los procesos de lesión de los tejidos óseos o blandos como consecuencia del aumento de fuerzas soportadas. El mecanismo de estrés o sobrecarga se reconoce como el componente más habitual que se presenta en las lesiones del pie. Se describen tres posibles situaciones en las que el estrés se convierte en desencadenante de lesión: Sometimiento a un estrés muy elevado en poco tiempo, Sometimiento a estrés bajo durante un tiempo muy prolongado o sometimiento a un estrés moderado de forma repetitiva <sup>70</sup>. Se considera que una alteración morfológica del ALI podría generar estrés bajo durante un tiempo muy prolongado en diferentes tejidos y por ello ser causa de aparición de dolor.

Los resultados de los primeros estudios que cuestionan la relación entre la altura del ALI y el dolor, realizados en poblaciones militares o deportista, presentan discrepancias importantes sobre cuál es el grado de influencia de la morfología del ALI en el desencadenamiento del dolor <sup>21,25,43,182</sup>. En estudios sobre población general adulta, se presentan importantes diferencias en el modo de determinar la morfología del ALI, lo cual conduce a dificultades en la unificación de conclusiones.

Puesto que el dolor se define como una experiencia o una sensación emocional y sensorial subjetiva, debe de ser considerado un síntoma, que en ciencias de la salud se refiere a una sensación subjetiva que la persona manifiesta porque la percibe como anómala. La naturaleza subjetiva del dolor y su propia definición como experiencia personal dificultan su cuantificación y medición, por ello se han desarrollado herramientas para intentar cuantificar esta sensación.

### *2.5.2. Cuestionarios de medición del dolor y la disfunción del pie.*

Se han desarrollado diversas herramientas orientadas a cuantificar el dolor. La selección de la herramienta a utilizar en cada circunstancia está determinada por el objetivo que se persigue con la medición, puesto que la información que aporta cada herramienta varía en función de su complejidad y diseño. Las escalas más simples son las escalas analógicas visuales, en las que el sujeto identificando colores o imágenes con un número del 0 al 10 cuantifica su grado de dolor.

Si se analizan las herramientas más utilizadas para cuantificar el dolor y la salud del pie, se percibe la importancia de la evaluación conjunta de dolor y funcionalidad, entendiendo la funcionalidad como la capacidad para realizar las actividades de la vida diaria de forma autónoma. Por la influencia que posee la capacidad de movimiento autónomo, muchas escalas de valoración incluyen también una cuantificación de la calidad de vida. Yuanxi et al <sup>183</sup> y Whittaker et al <sup>184</sup> presentan en sus estudios análisis críticos comparativos de diferentes herramientas utilizadas cuando existe patología de pie y tobillo, ambos incluyen un análisis psicométrico realizado de forma sistemática sobre resultados de estudios previos en los que se empleaban las diferentes herramientas. El análisis les permite emitir unas recomendaciones de uso de cada una de las herramientas, en función de la finalidad u objetivo para el cual van a ser utilizadas. Así, para ensayos clínicos sobre alteraciones generales del pie recomiendan el uso de Foot Function Index Revisado (FFIR), Foot Health Status Questionnaire (FHSQ) y Manchester Oxford Foot Questionnaire

(MOXFQ); Para situaciones relacionadas con el deporte *Foot and Ankle Ability Measure* (FAAM); Para las enfermedades inflamatorias *Leeds Foot Impact Scale* (LFIS); Para la evaluación de tratamientos de cirugía podológica *Manchester Oxford Foot Questionnaire* (MOXFQ) o *Self-Reported Foot and Ankle Score* (SEFAS) y para la realización de estudios poblacionales la escala *Manchester Foot Pain Disability Index* (MFPDI) <sup>184</sup>.

Entre los inconvenientes que presenta el uso de escalas de cuantificación de dolor y función debe citarse que el participante con su propia aportación refleja la aportación más válida de su dolor, sin que tengamos otra forma posible de medirlo. Además, también se ha sido detectado que los participantes cuando se plantean posibilidades de respuesta amplias, como valores numéricos de 1 a 10, tienden a usar con mayor frecuencia los valores extremos y medios.

La condición de experiencia subjetiva que posee el dolor va a condicionar a que las diferentes escalas, a pesar de haber pasado por procesos de validación y adaptación transcultural, va a haber características del dolor que son incapaces de captar. Además, cuando el objetivo es medir el efecto de una intervención, es difícil que una herramienta general de función y dolor tenga la capacidad de reflejarlo.

En esta investigación se seleccionó como herramienta para cuantificar el dolor y la función del pie el Cuestionario de Manchester de Dolor y Disfunción en el pie, validado como herramienta de medición del dolor y la función <sup>185</sup> y también validado en castellano en España <sup>186</sup> y que se considera útil en diferentes rangos de edad y diferentes situaciones patológicas del pie <sup>183</sup>.

### 2.5.2.1. El cuestionario de Manchester de Dolor y Disfunción

El Cuestionario de Manchester de Dolor y Disfunción en el pie fue diseñado para utilizar en población general, con y sin patología del pie, para estudios de muestras amplias. A través de 19 preguntas con tres posibles contestaciones a cada una de ellas (ningún día, algunos días, la mayoría de los días/siempre), valora las dimensiones: Función, Apariencia personal, Dolor y Trabajo, siendo esta última dimensión infrautilizada y no analizada en diferentes estudios de investigación. Además, se considera una herramienta sencilla para los participantes por contar con un número de preguntas reducido en comparación con otros cuestionarios y solo tres opciones de respuesta.

Este cuestionario consta de 19 ítems, que pueden ser consultados en el anexo X, que el paciente debe de responder si percibe o le ocurre el evento mencionado *ningún día, algún día o todos los días* durante el mes previo al interrogatorio.

Estos 19 ítems se dividen en 4 dimensiones: Dimensión Funcional, engloba los ítems del 1 al 10, Dimensión Apariencia, engloba los ítems de 11 a 12, Dimensión Dolor, engloba los ítems de 13 a 17 y Dimensión Trabajo, ítems 18 y 19.

El análisis permite realizar adaptaciones y según los objetivos de investigación planteados se puede realizar un análisis de 3 dimensiones, función, dolor y apariencia<sup>185</sup> que es la opción considerada como la más idónea<sup>187</sup> o también permite realizar otros análisis como el propuesto por Menz et al<sup>178</sup>, que proponen considerar una única dimensión “dolor de pie incapacitante” o ampliar las dimensiones analizadas con 17 ítems a 4 proponiendo: limitación funcional, restricción de la actividad, intensidad de dolor y apariencia personal, excluyendo la dimensión trabajo.

El análisis cuantitativo del cuestionario, siguiendo las indicaciones utilizadas por Garrow et al en su validación<sup>185</sup>, se realiza asignando una puntuación a cada una de las dimensiones que se obtiene aplicando el sumatorio de las respuestas obtenidas en cada dimensión asignando el valor 0 cuando el sujeto responde “Ningún día”, el valor 1 cuando el sujeto responde “en algunos días” y el valor 2 cuando responde “la mayoría/todos los días”. En la dimensión trabajo cabe además de la posibilidad de

manifestar la frecuencia de las disfunciones, la posibilidad de clasificarlas como “*no aplicables*” en el caso de que el sujeto ya no trabaje o no realice actividad física por sus circunstancias sociales o físicas, la puntuación asignada a esta respuesta sería de 50 puntos.

Asignando esta puntuación a las respuestas obtenidas, el rango de puntuación en la dimensión función es de 0 a 20 puntos representando las puntuaciones más próximas a 0 que no existe disfunción y las puntuaciones próximas a 20 alto grado de disfunción.

En la dimensión apariencia el rango de posibles puntuaciones va de 0 a 4 puntos, representando 0 que no existe alteración de la percepción de la apariencia de sus pies y valores próximos a 4 una gran alteración de la percepción de la apariencia de los pies por parte del sujeto interrogado.

En la dimensión Dolor donde las puntuaciones pueden alcanzar valores de 0 a 10 puntos, los valores próximos a 0 representan que el sujeto no ha padecido dolor y los valores próximos a 10 el mayor grado de dolor medible con este cuestionario.

En la dimensión trabajo y actividad el rango va de 0 a 100 puntos, atendiendo que los valores mayores de 4 responden a pacientes a los cuales no se les puede aplicar la dimensión.

El Cuestionario de Manchester de Dolor y Disfunción en el pie se ha utilizado en encuestas populares, en estudios observacionales en los que se define que se considera situación anormal. Posee el inconveniente de que no se caracteriza por su sensibilidad para detectar pequeñas variaciones en el estado de salud (dolor y función) del pie, por lo cual no se considera adecuado para medir el efecto de intervenciones en ensayos experimentales clínicos.

## 2.6. Antecedentes y estado actual del tema

### 2.6.1. El análisis de factores que influyen en la morfología del ALI

Entre los factores intrínsecos que han sido estudiados como influyentes en la morfología del ALI, destacan el sexo y el IMC por presentar resultados contradictorios en diferentes estudios de investigación que generan controversia para poder establecer un criterio sobre su influencia y poder determinar los valores de referencia para establecer una clasificación de la morfología del ALI.

La existencia de diferencias morfológicas del pie entre sexos ha sido corroborada por investigaciones enfocadas al diseño de calzado <sup>136,188</sup> y en mediciones antropométricas sobre imágenes radiográficas <sup>189</sup>. Estas diferencias podrían ser explicadas por las existencias de factores anatómicos y fisiológicos característicos de cada sexo como el dimorfismo sexual de pelvis y del miembro inferior y/o las diferencias fisiológicas en laxitud ligamentosa y movilidad articular <sup>190</sup>, que podrían resultar determinantes para la morfología del ALI. El resultado de un estudio anatómico evidencia diferencias en la morfología de la superficie anterior del astrágalo de hombres y mujeres, sin que hasta el momento se haya podido cuantificar el efecto de estas diferencias sobre la altura del ALI <sup>140</sup>. A pesar de los indicios aportados, se debe resaltar que los resultados de estudios clínicos realizados hasta el momento <sup>19,147,191</sup>, permiten concluir que no existen diferencias entre sexos en la altura del ALI cuando se realizan estudios con mediciones clínicas sobre huella plantar, mediciones antropométricas y/o mediciones angulares.

Cuando se analiza la existencia de diferencias en la postura del pie entre sexos, mediante el análisis del valor o categorización de FPI6, existen discrepancias entre los diferentes estudios en población adulta. Redmon et al <sup>139</sup> afirman que no existen diferencias entre sexos en los valores de FPI6 e idénticas conclusiones exponen Mansourpour et al <sup>192</sup>. Sin embargo, en estudios realizados en España <sup>193</sup> y Arabia Saudí <sup>194</sup> en poblaciones adultas jóvenes se evidencian diferencias significativas entre sexos en los valores absolutos de FPI6, presentándose pies más pronados en las mujeres que en los hombres. Goncalves et al <sup>195</sup> obtienen resultados de mayor puntuación hacia pronación en el grupo de hombres

que en el grupo de mujeres cuando analizan a población de edades comprendidas entre 10 y 14 años.

Cuando analizamos la influencia del IMC, uno de los factores de riesgo clásicamente asociado al pie plano, como patología y como morfología, ha sido el sobrepeso, la obesidad o el IMC elevado <sup>53,131,138</sup>. Se ha considerado que la obesidad genera, como consecuencia de la distribución del tejido graso y del aumento de carga, una postura del miembro inferior que predispone al aplanamiento del ALI y con ello, alteraciones de la función y dolor en el pie <sup>196</sup>. Butterworth et al <sup>138</sup> realizan una revisión sistemática para investigar la relación entre la composición corporal y la estructura y función del pie, en la que incluyen 15 estudios transversales y un estudio aleatorio controlado. Tras el análisis sistematizado emiten las conclusiones de que la obesidad está muy relacionada con el aplanamiento del ALI, la función en pronación y el incremento de presiones plantares en dinámica. A pesar de estas conclusiones, el autor destaca las dificultades de emitir conclusiones definitivas por la variabilidad excesiva de métodos utilizados en los diferentes estudios para determinar la morfología del ALI. Incide en que los estudios cuyas conclusiones han cuestionado la influencia del IMC sobre la morfología ósea del ALI <sup>147,164,197</sup> han sido realizados con poblaciones de pequeño tamaño (inferiores a 50 sujetos) por lo cual, no puede considerarse que posean potencia para discutir conclusiones de estudios previos. Estos estudios, argumentan que los métodos de clasificación basados en el apoyo plantar pueden confundir la existencia de exceso de tejido graso plantar libre y el aumento de presiones plantares con alteraciones en la estructura del ALI

El análisis de los estudios realizados sobre la altura del ALI que basan la clasificación en la morfología de la huella plantar o mediciones de esta, Arch index, índice de Staheli, índice de Clark, evidencian relación directa entre el IMC elevado y el aplanamiento del ALI. Como ejemplo de estos estudios, puede citarse el de Aurichio et al <sup>198</sup> que concluyen que el IMC elevado genera aplanamiento de la huella plantar en las mujeres; Pita et al <sup>53</sup>, que identifican la obesidad como factor de riesgo independiente en la morfología de pie plano, al realizar la clasificación mediante análisis de huella plantar en población mayor de 40 años. Jankowicz-Szymańska et al <sup>199</sup> que concluyen que existe

correlación directa entre el IMC y la altura del ALI y que esta relación es independiente de la edad.

A pesar de estos antecedentes sobre la morfología de la huella y la obesidad, no podemos obviar que autores como Song et al <sup>200</sup> advierten que la disminución de altura que se refleja en la huella plantar en personas obesas no es reflejo de la estructura ósea del pie. Reflexión que apoyan resultados de investigaciones que no utilizan la huella plantar como método de clasificación de altura del ALI, y que evidencian que la influencia del IMC sobre la altura del ALI no se presenta como una constante. Zaho et al <sup>201</sup> concluyen que existen diferencias en las mediciones antropométricas realizadas con escaner 3D entre el grupo de normopesos y obesos, sin hallar diferencias significativas entre grupos, con parámetros de IMC más próximos, grupos de obesos y sobrepeso. Wearing <sup>165</sup> al analizar la morfología de la huella plantar y la estructura ósea del ALI sobre RX lateral, concluye que el IMC posee influencia sobre la morfología de la huella plantar pero no sobre los parámetros de morfología ósea del ALI medidos en RX. Gilmour y Burns <sup>32</sup> al analizar la morfología de la huella plantar y mediciones de la altura del navicular concluyen que la obesidad en edad infantil altera la huella plantar pero no la altura del escafoides. Se Yon Park y Jin Park <sup>202</sup> centrando el estudio en el movimiento del escafoides, test navicular drop, y el grosor de la fascia plantar en grupo de normopesos y de obesos, concluyen que existen diferencias significativas entre los grupos, presentándose mayor rango de recorrido del navicular y fascia más gruesa en el grupo de obesos con diferencias significativas respecto al grupo de normopesos.

Cuando se revisa el conocimiento existente sobre la influencia del IMC en la postura del pie, se debe de destacar que Redmond <sup>139</sup>, cuando valida el FPI6 afirma que el valor de FPI6 no se encuentra influenciado por el IMC del sujeto. Esta afirmación ha sido corroborada a posteriori por estudios como los de Goncalves<sup>203</sup>, Gijón-Nogueron et al <sup>193</sup> y Alhamari et al<sup>194</sup> que al estudiar una poblaciones jóvenes obtienen resultados que indican que no hay diferencias significativas en la puntuación de FPI6 entre diferentes grupos de IMC. Por el contrario, estudios como el realizado por Aurichio et al <sup>198</sup> al analizar una población anciana, encuentran diferentes efectos del incremento del IMC en hombres y mujeres, presentándose solo en el grupo de hombres un incremento del valor

de FPI6 significativo en los obesos. Butterworth et al <sup>138</sup> en una revisión sistemática, analizando 10 estudios de población adulta con diferentes grados de efecto, concluyen que la obesidad contribuye al funcionamiento anómalo en pronación del pie, sin poder concluir que esta situación se produce solo en dinámica o también en estática.

Como se evidencia en los diferentes estudios expuestos, existen diferencias claras en los resultados entre investigaciones sobre la influencia de factores como el sexo y el IMC. Estas diferencias se atribuyen a los métodos utilizados para medir la altura del ALI, es por ello por lo que no se debe obviar la problemática de las mediciones, cuyos antecedentes y estado actual serán expuestos a continuación.

#### *2.6.2. Antecedentes y estado actual del problema de la medición de la altura del ALI*

Cuando se aborda el tema de la clasificación de la morfología del ALI existe un cuestionamiento constante en la literatura científica ¿Cómo debe ser medida la altura o morfología del ALI? Este cuestionamiento se debe a la inexistencia de un método validado, considerado *Gold Standard*, que permita realizar una medición real de la altura del ALI a nivel clínico <sup>28,29,57,58,62,204</sup>. Además, esta situación también ha derivado en que no existan unas medidas cuantitativas de referencia de la altura y longitud del ALI, qué definan que altura se considera arco normal, y cuál arco bajo y arco elevado.

Langley <sup>55</sup>, al efectuar una reflexión sobre las pruebas que se realizan a corredores adultos para determinar la morfología del pie, identifica como uno de los principales obstáculos para poder extraer evidencias, la ausencia de consenso para clasificar la morfología del ALI en estática. En 2019, Hollander et al <sup>205</sup>, en las conclusiones de un meta-análisis, detectan la misma problemática que Langley y reclaman la necesidad de alcanzar un consenso en la terminología y evaluación del ALI para poder llegar a conocer el impacto que posee en la biomecánica del miembro inferior. Una revisión sistemática de 2021 de Carrasco et al <sup>30</sup>, concluye que un único método de medición de la morfología del ALI no

puede servir para adoptar una decisión clínica y que la opción para poder clasificar la morfología del ALI durante la exploración clínica debe ser la utilización simultánea de varios métodos, propuesta que ya había sido efectuada por Menz <sup>58</sup> como protocolo para seleccionar pies con arco normal y pies con arco plano para realizar un estudio de investigación.

La carencia de un método estandarizado y reconocido ha derivado en el desarrollo de más de veinte métodos para medir y clasificar la altura del ALI, que comprenden desde la medición de alturas mediante procesos básicos sobre el pie hasta técnicas de elevada complejidad tecnológica mediante tratamiento de imágenes o registro de presiones y la realización de determinaciones matemáticas sobre las mismas. A pesar del amplio desarrollo, todavía no ha sido posible consensuar una única técnica que permita realizar la clasificación del ALI. Carrasco et al <sup>30</sup>, exponen que el método ideal para determinar la altura del ALI debe, ser fiable y válido y presentar valores de referencia de normalidad, que serán fundamentales en la práctica clínica investigadora y asistencial. Exponen como dificultad principal para hallar este método que las pruebas radiográficas, consideradas como Gold estándar en muchas investigaciones, también carecen de una medida de referencia reconocida para evaluar la altura del ALI; y que, además, en el ámbito investigador el uso de métodos radiográficos no siempre está justificado desde el punto de vista ético.

Los métodos clínicos más utilizados para clasificar la morfología del ALI siguen siendo el análisis de la morfología de la huella y las presiones plantares <sup>206</sup>, aun cuando existen controversias y dudas sobre su capacidad de reflejar la altura real del ALI. Esta situación se refleja en estudios como el de Uden <sup>128</sup>, una revisión sistemática sobre el desarrollo del pie pediátrico, en la que se evidencia que de los 16 métodos diferentes utilizados para categorizar la morfología del ALI en las investigaciones seleccionadas, 10 establecen la categorización con análisis de la huella plantar.

A pesar del valor clasificatorio que se ha otorgado al estudio de la huella plantar, se considera importante recordar que es un método de medición indirecto de la altura del ALI, un reflejo de la morfología del ALI en el plano transversal y de las presiones que el pie produce en ese plano. Sin embargo, la altura del ALI es una altura vertical, una medida

en el plano sagital, cuyas alteraciones no siempre se reflejan de igual modo en el plano transversal. En esta línea argumental y revelando que es un problema destacado desde hace mucho tiempo, podemos citar a Cureton <sup>207</sup> que en 1935, expone la problemática de la huella plantar y afirma que “nadie pretende medir la altura del edificio midiendo su base” y Hamill que en 1989 afirma que “la huella plantar solo representa el contacto del pie con el suelo y la existencia de presión que diferentes áreas del pie pueden realizar sobre la superficie de apoyo” <sup>151</sup>.

Uno de los métodos de medición de la huella plantar más utilizados ha sido el Arch Index <sup>121</sup>. Una década después de definir AI y establecer los valores de normalidad, McCrory y Cavanagh <sup>149</sup>, realizan una prueba de correlación lineal entre el AI y mediciones de altura de tubérculo de escafoides absolutas y normalizadas obtenidas sobre imágenes radiográficas. Los valores de correlación lineal que obtienen son  $r=0,67$  para las medidas absolutas y  $r=0,71$  para las medidas normalizadas, valores muy similares a los obtenidos por Shiang <sup>208</sup> cuando relaciona AI con las medidas de altura de tubérculo de escafoides realizadas directamente sobre el pie y por Chu <sup>167</sup> al realizar pruebas en los pies de 52 adultos chinos. Sin embargo, los valores de correlación entre AI y altura de ALI no son tan positivos en todos los estudios, Hawes <sup>64</sup> obtiene valores de  $r=-0,39$  al realizar las pruebas de relación entre este índice de la huella plantar y la altura de tubérculo de escafoides en 115 hombres caucásicos adultos, concluyendo que la huella no tiene capacidad de reflejar la altura del ALI.

Menz y Munteanu <sup>57</sup> al validar el AI, la altura del navicular y el FPI como técnicas clínicas para determinar la postura del pie en población anciana frente a mediciones radiográficas, obtienen unos resultados en los cuales AI presenta la relación lineal inversa más baja frente a los valores absolutos ( $r=-0,516$ ;  $p<0,01$ ) y relativos ( $r=-0,514$ ;  $p<0,01$ ) de la altura del escafoides en radiografía y se presenta igualmente como el valor que presenta valores más bajos de correlación frente a las mediciones clínicas de la altura de tubérculo de escafoides ( $r=-0,471$ ;  $p<0,01$ ) y frente a FPI ( $r=0,424$ ;  $p<0,01$ ). Debe destacarse que en este estudio AI se muestra como el parámetro clínico con mayor correlación con el ángulo de inclinación de calcáneo ( $r=-0,680$ ;  $p<0,01$ ) y el ángulo de calcáneo y primer metatarsiano ( $r=0,708$ ;  $p<0,01$ ), ambos medidos sobre radiografías del

pie. Ante estos resultados, los autores apuntan a que el AI es un parámetro con más capacidad de reflejar la curvatura del ALI que la altura del ALI.

A pesar de que los resultados obtenidos en diferentes estudios han validado el uso de AI como parámetro con capacidad de determinar la altura del ALI, no podemos obviar que, en los mejores resultados, existen un porcentaje de valores, en torno a un 30%, que no siguen esa distribución lineal respecto a los valores referenciados por las alturas del ALI, por lo cual la capacidad del AI de reflejar la altura del ALI no se debe considerar como absoluta y debemos de tener precaución al interpretar resultados de estudios que basen la clasificación de la morfología del ALI únicamente en AI, precauciones que se considera que deben de extenderse a otras mediciones sobre huella plantar como las ratios de proporciones y las angulaciones. Xiong<sup>147</sup> al analizar los resultados de Chu<sup>167</sup> y McCrory<sup>149</sup> cuestiona los métodos basados en la huella plantar y se pregunta qué ocurre con el 50% de las variaciones de la altura del ALI que parecen no ser capaces de reflejar las mediciones sobre la huella plantar y ante esta situación insiste en la necesidad de tener otros parámetros de referencia en la clasificación de la morfología del ALI.

Las mediciones antropométricas de la altura del ALI son métodos directos para determinar la altura y realizar la clasificación del mismo. La medición antropométrica refleja la distancia, en el plano sagital, que existe desde la superficie de apoyo hasta el punto de referencia elegido para representar la altura del ALI. A pesar del valor de la medición de la altura del ALI como método de clasificación, en general los métodos antropométricos son poco utilizados en los ámbitos clínico y de investigación, argumentándose principalmente problemas de variabilidad en el establecimiento de los puntos de referencia y problemas de fiabilidad en las determinaciones<sup>62</sup>.

Al analizar la fiabilidad de las mediciones contamos con datos aportados por Hawes et al<sup>64</sup> que obtienen valores elevados de fiabilidad intra observador (0,99) e inter observador (0,98). Evans et al<sup>209</sup>, analizando datos de la altura normalizada (altura de tubérculo de escafoides/ longitud del pie), evidencian la fiabilidad intra e inter observador pobres cuando se realiza la medición en población pediátrica de 4 a 6 años, siendo ambas fiabilidades buenas o muy buenas en población adolescente y adulta, incluso mejorando la fiabilidad de FPI8. Vinicombe et al<sup>210</sup> y Weiner Ogilvie y Rome<sup>211</sup> al concretar los

valores de fiabilidad en porcentajes de diferencias entre las mediciones, detectan entre un 15 y 20% de variación en la altura medida por diferentes observadores, valores que se consideran relevantes para establecer una la clasificación de la morfología del ALI.

Respecto a la validez de las mediciones, Menz et al <sup>58</sup> evidencian una fuerte correlación entre BAIT, la altura del navicular normalizada truncada y los ángulos de posición medidos sobre radiografía y recomiendan este método para determinar la altura del ALI. Hawes et al <sup>64</sup> objetivan valores de correlación pobres o muy pobres entre la altura del escafoides y diferentes métodos de la huella plantar (Arch Index (-0,39); Arch Angle (0,39) y Williams y McClay obtienen valores de validez de AHI, altura dorso al 50%/longitud truncada, con ICC 0,85 frente a imágenes radiográficas midiendo la misma altura en las radiografías que en el pie.

Al igual que con los parámetros de la huella plantar, existen discrepancias importantes en la validez de las diferentes mediciones antropométricas. Menz et al <sup>58</sup> evidencian una fuerte correlación entre BAIT, la altura del navicular normalizada truncada y los ángulos de posición medidos sobre radiografía. Williams y McClay obtienen valores de validez de AHI, altura dorso al 50%/longitud truncada, frente a imágenes radiográficas al reproducir sobre esta idéntica medición. Y sin embargo, Hawes et al <sup>64</sup> objetivan valores de correlación pobres o muy pobres entre la altura del escafoides y diferentes métodos de la huella plantar. A pesar de las discrepancias, Razeghi <sup>31</sup>, Evans <sup>209</sup> y McPoil et al <sup>62</sup> concluyen que las mediciones antropométricas de la altura del ALI con referencias óseas son métodos válidos y fiables en actividad clínica e investigadora y Carrasco et al <sup>30</sup> consideran que AHIT (altura del dorso al 50% de la longitud/ longitud truncada) es una de las mediciones que posee más cualidades para ser utilizada para determinar la altura del ALI.

Cuando se analiza el uso de las medidas antropométricas se evidencia que la inexistencia de valores de referencia para las distintas poblaciones y la complejidad del instrumental utilizado en los diferentes estudios <sup>6,62,209,212</sup>, son factores que han limitado la utilización de estos parámetros antropométricos en el contexto clínico e investigador.

Uno de los principales problemas que se han encontrado para establecer valores de

referencia de normalidad de las diferentes mediciones antropométricas ha sido la diversidad de protocolos establecidos para posicionar al paciente durante la medición, especialmente haciendo referencia al porcentaje de carga del peso corporal que soporta el pie medido, el posicionamiento de un pie respecto a otro y las referencias óseas utilizadas que han sido variadas entre los diferentes estudios, dificultando la posibilidad de extraer conclusiones globales.

El análisis de la postura del pie en estática mediante la escala FPI6, se considera que es una de las pruebas clínicas más extendidas a nivel clínico e investigador en el ámbito de la podología y la podiatría. La publicación de la Guía de Uso y Manual <sup>176</sup> en 2005, la validación de la escala <sup>148</sup> y el establecimiento de valores de referencia <sup>139</sup> han conseguido estandarizar y unificar el uso de esta herramienta generándose de este modo multitud de investigaciones bajo unos criterios uniformes de determinar la postura del pie. Esto ha permitido que en poco más de una década se cuente con datos de poblaciones diversas, con valores de referencia para diferentes edades <sup>193,213</sup> y con el análisis de la influencia de la postura del pie en diferentes condiciones patológicas <sup>192,214</sup> y situaciones del individuo <sup>215,216</sup>.

Como se ha citado anteriormente existe un elevado grado de confusión entre la postura del pie y la altura o morfología del ALI, sin embargo se considera que no deben de ser asimilados como la misma entidad, y que debemos de establecer un marco conceptual definido en el cual un pie pronado no posee estrictamente un arco bajo o plano y un pie supinado no posee estrictamente un ALI elevado o cavo<sup>30</sup>. A pesar de esta premisa, diferentes estudios han medido la relación entre la altura del ALI, establecida desde mediciones antropométricas como la altura del escafoides o mediciones de la huella plantar. Menz y Mounteanu <sup>57</sup> en población mayor de 65 años, hallan una correlación de 0.424 entre AI y FPI8 y una correlación de 0.722 con BAIT (altura de tubérculo de escafoides/ longitud truncada del pie). Langley en 2016, utilizando ya la herramienta FPI6, en población asintomática y sin deformidades importantes concluye que la concordancia diagnóstica entre FPI6, Navicular drop, Angulo de retropié y el ángulo del arco medial del pie es moderada (K=0,58).

Con estos antecedentes, se interpreta que existen diferencias entre la postura del pie y la altura del ALI. Sin embargo, se considera importante incluir la valoración de FPI6 en el análisis poblacional y valorar en poblaciones de mayor tamaño y diversidad el comportamiento de las variables y la concordancia en la determinación de la morfología del ALI.

Ante los resultados expuestos anteriormente, se evidencia que existe gran discrepancia en qué métodos deben de ser utilizados y cuál es la validez de cada uno de ellos para reflejar la morfología real del ALI. Se destaca que los estudios consultados centran su análisis en la determinación de la correlación existente entre los valores de los diferentes métodos.

La mayoría de los estudios realizados hasta la actualidad han analizado la correlación entre los valores de dos métodos. La correlación puede explicar si dos variables siguen un patrón lineal en su comportamiento y si se encuentran relacionadas positiva o negativamente, pero no puede demostrar si utilizando diferentes mediciones tendríamos la capacidad de coincidir al clasificar la altura o morfología del ALI

Se considera que, si los métodos de medición de altura del ALI son utilizados para establecer la clasificación de la altura del ALI como métodos independientes o únicos, se debe conocer el grado de concordancia diagnóstica entre ellos, para valorar si realmente puede determinarse la altura del ALI utilizando un único método. Como se ha podido comprobar, hasta la actualidad han sido pocos los autores que han realizado un análisis de concordancia entre los diferentes métodos, puesto que los análisis de relación ya revelan porcentajes importantes de discrepancia, que adelantan posibilidades muy bajas de hallar concordancias buenas o muy buenas entre diferentes métodos.

### *2.6.3. La altura del ALI y el dolor y la disfunción del pie*

Si se atiende a los principales conceptos, ya estudiados en apartados anteriores, sobre dolor y mecanismos de lesión en el pie y los asociamos con los conceptos de estructura y función del ALI, se puede comprender que se cuestione si las alteraciones en la altura del ALI puedan suponer un factor de riesgo para el padecimiento de dolor y disfunción en el

pie. Además, teniendo en cuenta que las alteraciones de la altura del ALI fueron históricamente el principal punto de atención para clasificar la morfología del pie explica que muchos estudios hayan explorado la existencia de relación entre altura de arco, dolor y disfunción del pie.

La aparición de dolor, aplicando los principios de la teoría de estrés tisular, podría estar relacionada con la altura del ALI, en tanto que una altura elevada o baja varía las fuerzas que se aplican en diferentes tejidos óseos, musculares, ligamentosos e incluso en los tejidos dérmicos del pie, y la variación de fuerzas puede generar un aumento del estrés y este una lesión desencadenante del dolor. No podemos obviar que existe un concepto que relaciona la altura del ALI con el dolor desde hace décadas, así, un candidato a un puesto laboral con elevados requerimientos físicos (policías, bomberos, soldados) podía ser rechazado por sus condiciones físicas si presentaba un ALI excesivamente bajo, al considerarse que era una condición incompatible con el desempeño de la actividad laboral para la cual se optaba. Esta es una de las principales razones por las que los primeros estudios que buscaban demostrar relación entre la altura del ALI, dolor y desarrollo de patología son realizados sobre poblaciones de soldados o deportistas <sup>21,25,43,182</sup>.

Cuando se analizan los diferentes estudios que han intentado relacionar la morfología del ALI con lesiones, sintomatología dolorosa o disfunción, se detecta que se han realizado estudios sobre poblaciones muy numerosas <sup>71,131,217</sup> en las que el encuestado clasifica su propia morfología del pie que después es tratada como variable dependiente para corroborar que existe relación entre arco plano y lesiones dérmicas o deformidades digitales, o que padecer dolor se relaciona con haberse auto diagnosticado morfología plana o cava del pie.

Entre los estudios realizados con intervención de profesionales destaca el estudio realizado por Menz et al <sup>20</sup>, sobre una población de 3378 sujetos, evidencian que las influencias de la morfología del ALI, clasificada según AI, sobre el dolor son diferentes para los hombres, en los cuales tener un arco bajo aumenta el riesgo de padecer dolor y para las mujeres, tener un arco elevado se muestra como factor protector, de tener dolor en la zona metatarsal en la zona del ALI. En población adulta española, Pita et al <sup>53</sup>, en un estudio observacional con muestreo aleatorio estratificado (n=835), clasificando la

morfología del ALI con mediciones angulares en huella plantar, concluyen que la existencia de morfología de pie plano altera de forma significativa las puntuaciones obtenidas en cuestionarios de salud (*Foot Health Status Questionnaire*) y función del pie (*Foot Function Index*). López-López et al, estableciendo el criterio altura del ALI sobre huellas plantares con mediciones de Arch Index (AI), no encuentran diferencias significativas entre los grupos con puntuaciones en diferentes dimensiones del cuestionario *Foot Health Status Questionnaire* ni en población adulta <sup>73</sup>, ni en población pediátrica <sup>52</sup>.

Uno de los factores que se ha considerado de mayor importancia en el dolor del pie y que además posee gran relación con la morfología del ALI, sobre todo cuando esta es clasificada mediante huella plantar, es la obesidad. Dufour et al <sup>123</sup> analizando una muestra de 2444 sujetos adultos, en los que el diagnóstico de morfología del ALI se realizó mediante la determinación de arch index modificado sobre de la huella plantar recogido en plataforma de presiones, detectan que la influencia del peso en el dolor de pie es mayor e independiente de la influencia de la morfología. Aluden a que el aumento de IMC puede encontrarse relacionado con el dolor por la sobreproducción de citoquinas proinflamatorias que genera el tejido adiposo excesivo <sup>218</sup>.

Una vez analizados los conocimientos generados hasta la actualidad sobre la altura y morfología del ALI, los métodos de medición de este y su relación con el dolor y disfunción del pie, se reconoce la necesidad de realizar estudios de investigación que contribuyan a generar evidencias sobre la validez y concordancia de los métodos de medición clínica del ALI y sobre la relación que existe entre la altura del ALI, la postura del pie con el dolor y la disfunción en el pie.

### **3. OBJETIVOS**

Los objetivos del estudio van a ser definidos bajo los epígrafes de objetivos generales y objetivos específicos.

### **3.1. Objetivos generales**

Los objetivos generales de la investigación planteada fueron:

1. Determinar qué características intrínsecas del individuo se encuentran relacionadas con la morfología del arco longitudinal interno y la posición del pie y analizar la influencia de la morfología del arco longitudinal interno y la posición del pie en el dolor y la función del pie en una población adulta.
2. Analizar la relación y concordancia de las medidas antropométricas de dimensión de arco normalizadas, la morfología de la huella plantar y el índice de postura del pie como herramientas de clasificación de la morfología del arco longitudinal interno.

### 3.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos que se pretendían alcanzar fueron:

1. Describir la morfología del arco longitudinal interno y la posición del pie en carga en una población adulta según la morfología de la huella plantar, las medidas de dimensión normalizadas y la índice postura del pie y determinar la relación entre estos parámetros y el sexo e IMC de los participantes.
2. Analizar la relación y concordancia existente entre las diferentes categorías de la morfología de la huella plantar y las medidas antropométricas de dimensión del ALI normalizadas.
3. Analizar la concordancia y validez de las medidas antropométricas de dimensión del ALI normalizadas frente a la valoración visual del ALI.
4. Analizar la concordancia existente entre las diferentes categorías de la morfología de la huella plantar y la postura del pie.
5. Analizar la validez de las medidas antropométricas de dimensión del ALI normalizadas frente a la categorización de la huella plantar.
6. Determinar si las medidas antropométricas de dimensión de ALI normalizadas, morfología de la huella plantar y la postura del pie poseen efecto independiente para la obtención de puntuaciones elevadas en las diferentes dimensiones del cuestionario de Manchester.

## **4. HIPÓTESIS**

Para dar cumplimiento a los objetivos generales del estudio se han definido las hipótesis conceptuales.

Además, a pesar de la naturaleza descriptiva del estudio, el análisis exhaustivo de distribución y relación entre variables condujo al establecimiento de hipótesis estadísticas<sup>219</sup> que fueron descritas como hipótesis nula ( $H_0$ ), cuando se presenta como hipótesis la conformidad con el conocimiento previo a la realización del estudio y como hipótesis alternativa ( $H_1$ ) cuando se presenta un nuevo planteamiento.

#### **4.1. Hipótesis conceptuales**

La altura del ALI está condicionada por diferentes factores intrínsecos al sujeto como son el sexo y el IMC que condicionarían la morfología del ALI.

Las personas que manifiestan padecer dolor y/o disfunción presentan alturas del ALI y/o posturas del pie en carga diferentes a la normalidad, es decir, las alturas elevadas o bajas predisponen a sufrir dolor y/o disfunción del pie.

Los métodos de medición de altura del ALI, empleados en este estudio, son válidos para detectar diferentes morfologías y las clasificaciones obtenidas mediante diferentes métodos de medición de altura del ALI son concordantes entre sí.

#### 4.2. Hipótesis estadísticas

##### Hipótesis 1(H)

H1<sub>0</sub> Existen diferencias en los valores absolutos y categóricos de la morfología de la huella plantar, las medidas de ALI normalizadas y el FPI6 entre los diferentes grupos cuando son categorizados por sexo e IMC.

H1<sub>1</sub> No existen diferencias en los valores absolutos y categóricos de la morfología de la huella plantar, las medidas de ALI normalizadas ni el FPI6 entre los diferentes grupos cuando son categorizados por sexo e IMC.

##### Hipótesis 2(H2)

H2<sub>0</sub> Existe concordancia entre la categorización de la morfología del ALI establecida por los valores obtenidos de Arch Index y los valores de las medidas antropométricas normalizadas.

H2<sub>1</sub> La categorización de la morfología del ALI establecida por los valores obtenidos de AI y los valores de las medidas antropométricas normalizadas no son concordantes.

##### Hipótesis 3 (H3)

H3<sub>0</sub> Existe concordancia entre la categorización de la morfología del ALI establecida por la valoración visual y los valores de las medidas antropométricas normalizadas.

H3<sub>1</sub> No existe concordancia entre la categorización de la morfología del ALI establecida por la valoración visual y los valores de las medidas antropométricas normalizadas.

Hipótesis 4 (H4)

H4<sub>0</sub> Existe concordancia entre la categorización de la morfología del ALI establecida por los valores obtenidos de arch index y la categorización por la puntuación de FPI6.

H4<sub>1</sub> No existe concordancia entre la categorización de la morfología del ALI establecida por los valores obtenidos de arch index y la categorización por la puntuación de FPI6.

Hipótesis 5 (H5)

H5<sub>1</sub> Las medidas antropométricas de dimensión de ALI normalizadas, morfología de la huella plantar y la postura del pie son predictoras de puntuaciones elevadas en las diferentes dimensiones del cuestionario de Manchester.

H5<sub>0</sub> Las medidas antropométricas de dimensión de ALI normalizadas, morfología de la huella plantar y la postura del pie no son predictoras de puntuaciones elevadas en las diferentes dimensiones del cuestionario de Manchester.

## **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

En el presente capítulo se describe cuáles han sido los materiales utilizados durante la realización del estudio y la metodología de trabajo, describiendo cómo se ha llevado a cabo cada uno de los procesos, detallándose inicialmente las características del estudio, la selección de la muestra y justificación del tamaño muestral.

### 5.1. Materiales

Durante el estudio se utilizaron diferentes materiales que quedan expuestos en el siguiente listado:

Plataforma de madera para exploración:

Una plataforma de madera cuyas dimensiones son 80cm de ancho, 80 cm de largo y 25 cm de altura, las dimensiones de la plataforma concedían al sujeto de estudio sensación de seguridad y facilitaban la visión del explorador.

Dispositivo de medición de longitud del pie:

Dispositivo que consiste en una plataforma de madera, con un tope metálico fijo, sobre el cual se apoya la parte más posterior del retropié, en cuyo borde anterior se inicia la medición con una regla metálica incrustada en la plataforma que se extiende hacia la zona anterior (55 cm), en la cual dispone de un tope metálico móvil que se sitúa en el borde distal del dedo más largo (figura 11). Para facilitar las mediciones intermedias la plataforma está cubierta con un papel milimétrico adhesivo, lo cual permite situar los instrumentos de medida con mayor precisión.



*Figura 11. Dispositivo de medición longitudinal del pie*

Reglas:

Escuadra: regla con forma de triángulo isósceles con un ángulo de 90° y 2 ángulos de 45°

Cartabón: regla con forma de triángulo escaleno con un ángulo de 90° y 2 ángulos, uno de 60° y uno 30°.

Pedígrafo manual de tinta:

Es una caja rectangular, con una mínima altura, que en una de las tapas tiene una lámina de látex enmarcada, que por una de sus caras se impregna con tinta. La cara inferior, es una lámina recta de plástico que por un lado posee bisagras que la unen al marco de la lámina de látex y sobre la cual se posa una hoja de papel tamaño DIN A4.

Sobre la cara de la lámina de látex no impregnada se apoya del pie y se obtiene en la hoja de papel una imagen en tinta generada por las presiones que ejerce el pie.

Fotocopiadora multifunción con escáner:

Se utilizó una Fotocopiadora Ricoh MP C3003 para realizar el escaneado automático de las pedigrafías. La conexión en línea permite que tras realizar el escaneo guarde de forma automática los documentos en un archivo.

Software AutoCAD®: El software AutoCAD® es un programa de diseño asistido por computadora (*Computer Aided Desing, Inc San Rafael, California*) de la empresa Autodesk. LA versión utilizada fue AutoCAD® 2012. Las funciones utilizadas fueron las funciones de dibujo para delimitar el área de la huella plantar (sin inclusión de los dedos), función de medición para determinar la longitud total de la huella y separar áreas de retropié, mediopié y antepié, la función de medición de áreas para determinar área de antepié (A); área de mediopié (B) y área de antepie (C).

Excel: Programa desarrollado por Microsoft, perteneciente al paquete ofimático de Office 20016, que es una hoja de cálculo que nos permite manipular datos numéricos en tablas con ordenación por filas y columnas. Los datos introducidos en la hoja de Excel fueron los datos de las áreas de las pedigrafías y la formulación permitió después realizar los cálculos para determinar índices de la huella plantar.

Software estadístico IBM SPSS *Statistics* 19.0: Software de análisis estadístico desarrollado por IBM. Se utilizó para realizar la estadística descriptiva, las estadísticas bivariadas, la regresión, el análisis de factores y la representación gráfica de los datos.

Epidat (versiones 3.1 y 4.1): es un programa de libre distribución desarrollado por el Servicio de Epidemiología de la Dirección *Xeral de Saúde Pública da Consellería de Sanidade (Xunta de Galicia)* con el apoyo de la Organización Panamericana de la Salud (OPS-OMS) y la Universidad CES de Colombia. Epidat fue utilizado en el análisis estadístico para obtener los parámetros de validez de las pruebas.

Material no específico:

Además de los materiales específicos para la recogida de datos y tratamiento de estos se utilizaron materiales fungibles de oficina, como papel y bolígrafos y ordenadores con potencia suficiente para soportar los softwares de diseño y análisis estadístico.

## 5.2. Métodos

### 5.2.1. Características del estudio

#### 5.2.1.1. Ámbito de estudio

El estudio se llevó a cabo en la Clínica Universitaria de Podología de Ferrol perteneciente a la Facultad de Enfermería y Podología de la Universidad de A Coruña y en el Área clínica de Podología de la Facultad de Enfermería, Fisioterapia y Enfermería de la Universidad de Sevilla (figura 12).



*Figura 12 Acceso a las instalaciones de las clínicas Universitarias de Podología de las Universidades de A Coruña y Sevilla*

#### 5.2.1.2. Periodo de Estudio

La recogida de datos para el estudio se desarrolló entre el mes de octubre de 2015 y junio de 2016.

#### 5.2.1.3. Tipo de estudio

Se realizó un estudio observacional, descriptivo de corte transversal y de metodología cuantitativa para estudiar la relación de los parámetros que definen la morfología del ALI con el dolor y la función del pie<sup>220</sup>.

Se realizó un estudio observacional, puesto que el objetivo del estudio no requería la realización de ninguna intervención que variase las condiciones de los individuos y únicamente se realizaba una recogida de datos de las características de los participantes<sup>221</sup>. El estudio se realizó en un momento de tiempo determinado, sin realizar más de una visita al paciente y recogiendo las variables del momento de la visita, con el objetivo de obtener datos de las características de la morfología del ALI en los participantes y evaluar qué características podrían suponer un riesgo en la obtención de puntuaciones elevadas en el cuestionario de dolor y función del pie.

#### 5.2.1.4. Selección de la muestra

Se realizó un muestreo por conveniencia, contando con la voluntariedad de las personas que acudían como pacientes o acompañantes a las clínicas de Podología.

Se entregaba en la recepción un díptico informativo, en el cual se mostraban las características de la investigación, las pruebas que se realizarían y cómo se trataría la información recogida, así como los riesgos e inconvenientes de la misma. Dicho tríptico

se realizó en Castellano y en Gallego y en dos formatos, para pacientes y acompañantes. (Anexo I)

Las personas interesadas en participar eran informadas por los investigadores y se les respondía a las cuestiones que considerasen oportunas.

Se realizó un registro de los sujetos informados y se calculó el porcentaje de participación, una vez explicado el estudio. En la clínica universitaria de Podología de Ferrol fue del 68% y el área clínica de Podología de la Facultad de Enfermería, Fisioterapia y Podología de la Universidad de Sevilla del 89%.

#### 5.2.1.5. Criterios de Inclusión:

Se incluyeron en el estudio personas mayores de edad, que no presentasen enfermedades que les impidiesen deambular, que acudiesen a los centros referenciados como pacientes, acompañantes o alumnos y que aceptasen voluntariamente participar en el estudio.

La selección de población mayor de 18 años respondió a que el objetivo del estudio se focalizó en población adulta, que es la que presenta con mayor frecuencia problemas de dolor y función del pie. La necesidad de que fuesen personas que no presentasen enfermedades incapacitantes para realizar la deambulación responde a que para evaluar la función del pie precisamos que el sujeto tenga capacidad de caminar. Se incluyeron en la población estudio pacientes, acompañantes y alumnos para diversificar la muestra en cuanto a la edad y el estado de salud podológica.

#### 5.2.1.6. Criterios de Exclusión:

Se establecieron una serie de criterios de exclusión que se consideraba que podrían alterar la situación del participante frente al dolor y función del pie y/o alterar la morfología del pie de forma significativa. Estos criterios fueron:

- Haber sufrido traumatismos graves en el pie que pudiesen haber alterado la morfología osteoarticular.
- Padecer enfermedad neurológica o articular grave que genere deformidades en el pie o miembro inferior.
- Padecer una alteración morfoestructural congénita o adquirida grave del miembro inferior
- Haber sufrido intervenciones quirúrgicas osteoarticulares en el pie.

Además, por las características de las pruebas realizadas, se excluyó a aquellos voluntarios que presentaban deterioro cognitivo que les impidiese seguir las indicaciones y comprender las preguntas planteadas en el cuestionario.

#### 5.2.1.7. Justificación del tamaño muestral:

El cálculo del tamaño de la muestra se realizó teniendo en cuenta que la población es infinita, puesto que al realizar el estudio sobre personas que no padecen una patología concreta no podemos determinar un tamaño de población. Ante esta premisa y estableciendo un nivel de confianza del 95% ( $\alpha=0,05$ ), una precisión de  $\pm 5\%$  y con una proporción de afectados desconocida por lo que se supone un porcentaje del 50% para maximizar el tamaño muestral; el número de personas necesarias para estimar los parámetros de interés es de 384. Se ajustó este tamaño de la muestra a una proporción esperada de 10% de pérdidas, por lo que el tamaño muestral final fue de 423 individuos<sup>222,223</sup>. Los cálculos se realizaron a través de la calculadora Excel de tamaño muestral (disponible en: <https://www.fisterra.com/mbe/investiga/9muestras/9muestras2.asp>).

### 5.2.2. Variables del estudio:

A continuación, se definen y clasifican las variables del estudio y se especifican los valores de referencia para las variables cuantitativas que fueron categorizadas:

De identificación:

1. Sexo. (Hombre y Mujer).
2. Edad (años). Se estimó la edad en años desde la fecha de nacimiento.

Antropométricas:

3. Peso (Kg).
4. Talla (cm).

IMC, variable continua, cuya unidad de medida es ( $\text{Kg}/\text{m}^2$ ) que se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{IMC} = \frac{\text{peso}(\text{kg})}{\text{Talla}(\text{m})^2}$$

Con el objetivo de agrupar la muestra en función del IMC se categorizó según valores de la OMS en las categorías:

Bajo peso (<18,5); Normopeso (18,5 -24,9), Sobrepeso (25-30) y Obesidad ( $\geq 30$ ).

Variables de información de salud podológica

5. Variables de uso de tratamientos podológicos en los últimos 2 meses:

Uso de tratamientos ortopodológicos (sí o no)

En caso afirmativo se registraba el tipo de tratamiento ortopodológico.

Uso de tratamientos farmacológicos como tratamiento de patología o lesión podológica. (sí o no)

Uso de tratamientos físicos como tratamiento de patología o lesión podológica (sí o no).

Variables descriptivas de la morfología del ALI

6. Arch Index: índice de altura del arco realizado sobre huella plantar es una variable que puede alcanzar valores de entre 0 y 1 por ser una proporción entre dos medidas de áreas de la huella. En el análisis fue una variable tratada en función del objetivo estadístico como variable continua (valor de 0 a 1). Al ser una proporción entre dos áreas carece de unidad de medida.
7. Morfología de la huella plantar: al ser una proporción entre un área y otra que contiene a la primera siempre presenta un valor entre 0 y 1. Además, la categorización de arch index que se estableció según valores de Cavanagh y Rogers<sup>79</sup> permitió trabajar con la variable categórica morfología de la huella en función del valor de arch index. Se establecieron las categorías: Huella normal (AI= 0,21-0,26); Huella Plana (AI>0,26) y Huella Cava (AI<0,21).
8. Medidas antropométricas del ALI: Para determinar las variables continuas de las mediciones antropométricas del ALI normalizadas se determinaron previamente las variables siguientes.

Longitud total (cm): Longitud desde la parte posterior de talón a la zona más distal del dedo más largo

Longitud truncada (cm): Longitud desde la parte posterior de talón a la zona más distal de la cabeza de primer metatarsiano.

Altura de tubérculo de escafoides (cm): Altura desde la superficie de apoyo a la zona más inferior del tubérculo de escafoides.

Altura del dorso al 50% de la longitud total(cm): Altura del dorso del pie en el punto que longitudinalmente coincide con el 50% de la longitud total.

Altura del dorso al 50% de la longitud truncada (cm): Altura del dorso del pie en el punto que longitudinalmente coincide con el 50% de la longitud truncada.

9. Las medidas antropométricas del ALI normalizadas, se obtuvieron al dividir la medición de altura entre la longitud, dando lugar al cálculo de las variables descritas por Williams y McClay<sup>54</sup>, que representan una proporción entre la altura y longitud del ALI y carecen de unidades:

*Boni Arch Index* (BAI): Altura tubérculo de escafoides/longitud total del pie.

*Boni Arch Index Truncado* (BAIT): Altura tubérculo de escafoides/longitud truncada.

*Arch Height Index* (AHI): Altura dorso 50% Longitud total / longitud total

Durante el análisis estadístico cuando fue necesario se categorizaron las medidas de ALI normalizadas. Se establecieron categorías en función del criterio estadístico de cuartiles, agrupándose del siguiente modo: arco bajo los valores pertenecientes al primer cuartil, arco normal los valores pertenecientes al segundo y tercer cuartil y como arco elevado los valores pertenecientes al cuarto cuartil.

10. Índice de Postura del pie, la postura del pie fue determinada mediante la escala validada *Foot Posture Index* 6<sup>139</sup>. El FPI 6 con valores desde -12 a +12, asignando valores negativos a las observaciones que indican postura supinada y valores positivos a los ítems que indican postura pronada. El FPI6 se categorizó para realizar el análisis estadístico siguiendo las indicaciones de Redmon<sup>139</sup>.

***Categorización en 5 posiciones:***

Pie muy pronado:  $\geq +10$

Pie pronado: + 6 a +9

Pie neutro: 0 a +5

Pie supinado: -1 a -4 puntos

Pie muy supinado: -5 a -12 puntos

***Categorización en 3 posiciones:***

Pie pronado: + 6 a +12

Pie neutro: 0 a +5

Pie supinado: -1 a -12

11. Valoración visual del pie: El registro de las puntuaciones de cada uno de los ítems de FPI6 permitió establecer una variable categórica desde el ítem 5: altura y congruencia del ALI. Se estableció la categorización de arco normal cuando la puntuación obtenida en este ítem era 0, arco bajo cuando se habían otorgado puntuaciones de +1 o +2 y arco elevado para las puntuaciones -1 o -2.
12. Dolor y función del pie: Para determinar el grado de dolor y discapacidad en el pie se utilizó el Cuestionario de Manchester de discapacidad y dolor en el pie <sup>185</sup>. Fueron valoradas para realizar las cuatro dimensiones del cuestionario de forma independiente siguiendo los criterios establecidos en la validación por Garrow et al <sup>185</sup>. Las puntuaciones de cada una de las dimensiones, que alcanzan valores numéricos, fueron analizadas de forma independiente. El criterio para establecer agrupaciones entorno a cada una de las dimensiones, fue haber alcanzado puntuaciones superiores o inferiores a la mediana de la dimensión para la totalidad de la muestra.

### *5.2.3. Aspectos éticos y legales de la investigación*

Para la realización de la fase de campo en la que se obtuvieron los datos que forman parte de la investigación mediante pruebas de observación se siguieron los siguientes principios y disposiciones legales.

Dado que la investigación incluyó pruebas de observación y recogida de datos que estaban relacionados con la salud de los participantes se garantizó que respetase los principios éticos de la declaración de Helsinki (64ª Asamblea General, Brasil, octubre 2013).

La fase de campo de recogida de datos se inició antes de la aprobación del Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, del 27/04/2016, relativo a la protección de las personas físicas en el que respeta al tratamiento de los datos personales y a la libre circulación de esos datos y la LO 3/2018, del 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales, por lo que el tratamiento,

comunicación y cesión de los datos se realizó conforme a lo dispuesto por la Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre de Protección de Datos de carácter personal.

Previo al desarrollo del proyecto de investigación se solicitó su aprobación al Comité Ético de Investigación Clínica de la Comunidad Autónoma de Galicia, siendo este proyecto aprobado por dicho comité en la fecha 25 de septiembre de 2015 y con el número de autorización 2015/516 documento que se encuentra en el anexo I, solicitud en la que se hizo constar el compromiso de la investigadora principal que figura en el anexo II.

Para dar cumplimiento a esta normativa, se solicitó el consentimiento informado de los participantes, anexos III y IV, tras haberles proporcionado información detallada de los objetivos del estudio, siguiendo el modelo de la hoja de información para un participante adulto que aparece en los anexos V, VI, VII, y VIII en los dos idiomas cooficiales de la comunidad autónoma de Galicia, castellano y gallego, para facilitar así la comprensión de los objetivos del estudio y la implicación de la participación por parte de los participantes que fueron incluidos.

Los datos necesarios para llevar a cabo este estudio fueron sometidos a un proceso de codificación, asignando a cada participante un código de manera que no se podrá atribuir los datos a una persona participante sin usar información adicional. Los miembros del equipo investigador serán los únicos que podrán acceder a la codificación para re-identificar los datos con cada participante. La hoja de codificación se puede consultar en el anexo IX.

Todos los participantes del estudio recibieron información sobre el objetivo del estudio, las posibles molestias o inconvenientes de la participación, así como las medidas para la protección de la confidencialidad de los datos personales y de los datos obtenidos de las mediciones, su custodia y conservación, y el procedimiento para solicitar la revocación y destrucción de estos. Todos los participantes que voluntariamente decidieron continuar en el estudio firmaron la hoja de consentimiento recibiendo copia de esta.

#### 5.2.4. Protocolo de obtención de la información:

Tras la aceptación de la persona a participar en el estudio se procedía a la recogida de datos personales, la firma del consentimiento informado, la codificación de los datos personales del paciente y recogida de datos y variables del estudio.

Se proporcionaban al participante dos copias del consentimiento informado, una copia para el paciente y la otra para el investigador. Se concedía el tiempo necesario para la lectura, comprensión y firma de ambas copias del consentimiento que también era firmado por el investigador.

En el registro de datos personales, se recogía nombre y apellidos del sujeto de estudio, número de documento nacional de identidad y fecha de nacimiento (día/mes/año); Estos datos se ponían en la ficha de codificación y se asignaba un número de participante que sería el que constaría en todos los documentos posteriores.

Con el número de participante se procedía a la apertura de la hoja de registro del estudio, en la cual constaba el número asignado, la edad (mes/año de nacimiento) y el sexo.

Se realizó una breve entrevista a los participantes en la cual se recogían datos de utilización de tratamientos podológicos, farmacológicos y físicos para afecciones de los pies. En caso afirmativo se registraba el tipo de tratamiento que le había sido prescrito al paciente.

Por medio del Cuestionario de Manchester de dolor y disfunción en el pie, se registró el dolor y discapacidad causada por alteraciones en los pies. El participante cubría el cuestionario en presencia del investigador para comprobar que las cuestiones eran bien entendidas.

Una vez finalizada la recogida de datos, se procedía a efectuar la exploración para realizar procedimientos de medición y técnicas necesarias para determinar los valores de las variables en estudio.

A continuación, se definen los procedimientos más relevantes de la evaluación y exploración realizadas a cada uno de los participantes durante el estudio.

### 5.2.5. Mediciones e intervenciones realizadas:

A cada persona, que voluntariamente accedió a participar en el estudio, se le realizó la exploración adecuada para recoger las variables que constan en la hoja de registro de datos y que estableciendo una clasificación se agruparían en:

#### 5.2.5.1. Determinación de la postura del pie en carga

Para determinar la postura del pie en carga, se utilizó la escala de uso clínico, Foot Posture Index 6 (FPI6) o Índice de postura del pie (IPP). Esta escala posee las cualidades de que no precisa aparataje de ningún tipo para su realización, que es sencilla y ágil y valora de forma visual el posicionamiento triplanar del pie en carga libre, en la cual se valora el posicionamiento de retropié, mediopié y antepié

El FPI6 fue aplicado siguiendo el protocolo definido por Redmond et al <sup>176</sup> y valorando los ítems como especifica la Guía del uso y el manual. La categorización de los valores numéricos obtenidos se realizó en tres categorías o en 5 categorías en función de las necesidades de análisis estadístico.

#### 5.2.5.2. Mediciones antropométricas de la altura del arco longitudinal interno del pie

Las mediciones de la altura del ALI se realizaron siguiendo una metodología específica e idéntica en la totalidad de los participantes, según la metodología propuesta por Williams y McClay <sup>54</sup>, modificando los materiales utilizados durante las mediciones y sustituyendo el calibre montado sobre una plataforma de Plexiglas utilizado por Williams y McClay por reglas estables.

Todas las observaciones y mediciones se realizaron sobre una plataforma de madera cuyas dimensiones son 80cm de ancho, 80 cm de largo y 25 cm de altura, las dimensiones de la plataforma concedían al sujeto de estudio sensación de seguridad y facilitaban la visión del explorador.

La toma de mediciones antropométricas precisó de la localización por palpación y marcación de puntos anatómicos de referencia (figura 13), que se realizaron en ambos pies con el paciente en posición de sedestación con angulación de pie y pierna a 90.

*Tubérculo de escafoides o prominencia navicular:* mediante palpación del borde medial desde la región anterior plantar del maléolo tibial, siguiendo una trayectoria anterior y plantar, se localizó el tubérculo de escafoides y se realizó una marca (con un rotulador tiza borrrable blanco) sobre la zona más baja del mismo <sup>224</sup>.

*Cabeza primer metatarsiano:* realizando una ligera tracción inicial y posteriormente una dorsiflexión de la primera articulación metatarsofalángica se localizaba la zona más distal de la cabeza de primer metatarsiano que se marcaba con una línea longitudinal en el borde lateral.



Figura 13. Referencias óseas de las mediciones antropométricas

Una vez realizada la marcación de referencias anatómicas se procedió la toma de las mediciones antropométricas. Para ello se utilizó el dispositivo de medición longitudinal del pie.

Además del dispositivo de medición longitudinal del pie se utilizaron la escuadra y el cartabón que permitieron realizar las mediciones de longitud truncada y mediciones de altura del dorso del ALI al 50% de la longitud total y 50% de la longitud truncada y altura de tubérculo de escafoides.

Las reglas seleccionadas prestaban estabilidad para realizar las mediciones, la escuadra se situaba con el uno de los catetos sobre la superficie de apoyo en el punto longitudinal seleccionado y el cateto milimetrado en contacto con el pie. El cartabón servía de guía para situar la altura, posando y alineando sobre el cateto milimetrado de la escuadra. (figura 14).



*Figura 14: Utilización de las reglas estables en las mediciones de altura del ALI*

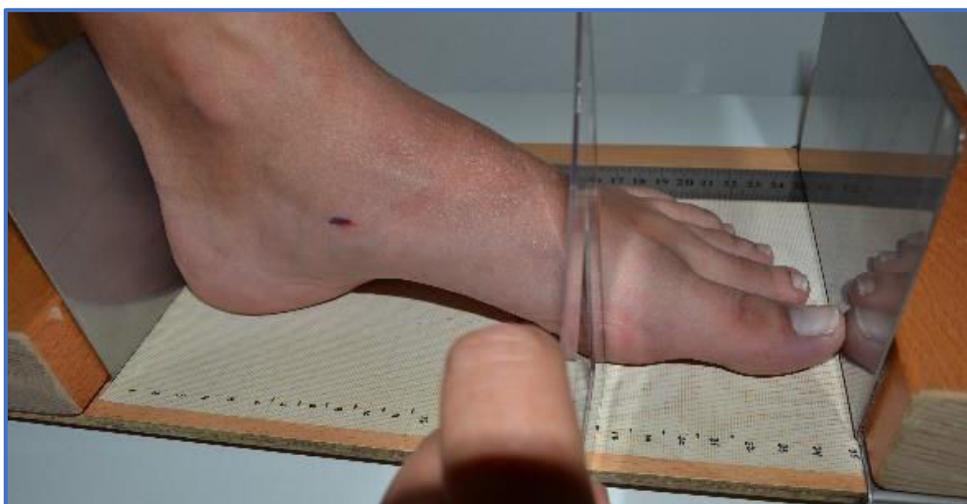
Utilizando estas técnicas y aparataje se tomaron las siguientes mediciones:

**Longitud total:** Longitud desde la parte posterior de talón a la zona más distal del dedo más largo (figura 15).



*Figura 15. Medición de la longitud total del pie*

**Longitud truncada:** Longitud desde la parte posterior de talón a la zona más distal de la cabeza de primer metatarsiano. (figura 16)



*Figura 16. Medición de la longitud truncada del pie*

**Altura de tubérculo de escafoides:** Altura desde la superficie de apoyo a la zona más inferior del tubérculo de escafoides. (figura 17)



*Figura 17. Medición de la altura de tubérculo de escafoides*

**Altura del dorso al 50% de la longitud total:** Altura del dorso del pie en el punto que longitudinalmente coincide con el 50% de la longitud total (Figura 18)



*Figura 18. Medición de la altura del dorso al 50% de la longitud total*

Las medidas de altura posteriormente se normalizaron, dividiendo la medición de altura entre la longitud, dando lugar al cálculo de las variables:

***Boni Arch Index (BAI)***: Altura tubérculo de escafoides/longitud total. Este parámetro también se encuentra en ocasiones denominado Altura de navicular normalizada o *Normalized Navicular Height (NNH)*

***Boni Arch Index Trunc (BAIT)***: Altura tubérculo de escafoides/longitud truncada. Este parámetro también se encuentra en ocasiones denominado Altura de navicular normalizada truncada o *Normalized Navicular Height Trunc (NNHt)*.

***Arch Height Index (AHI)***: Altura dorso 50% Longitud/ longitud.

#### 5.2.5.3. Análisis de la morfología de la huella plantar

Se tomaron las huellas plantares con el pedígrafo manual de tinta.

Se le pedía al sujeto que realizase el apoyo del pie, sobre la lámina de látex por la cara no impregnada, cuando se encontraba en bipedestación estática en ángulo y base de marcha, y en carga libre, con el del peso distribuido entre ambos pies con la distribución habitual del paciente, obteniéndose una pedigrafía, que era numerada e identificada por su lateralidad.

Posteriormente se digitalizaban las imágenes con la fotocopidora multifunción automática, en escala 1:1, a color 200dp y resolución 200dpi. (Figura 19).



*Figura 19. Imagen de huella plantar escaneada*

Las imágenes digitalizadas se importaban al programa Autocad®, en el cual se limitaba el área del contacto del pie, excluyendo los dedos. Una vez delimitada el área de contacto se trazaba una línea recta, desde el punto más posterior de apoyo de retropié al punto más distal de apoyo de antepié esta línea se mide y divide en tres sectores iguales que dividen el apoyo de retropié (A), mediopie (B) y antepié (C) y se calcula el área de cada uno de los sectores y el área total del apoyo. (Figura 20)

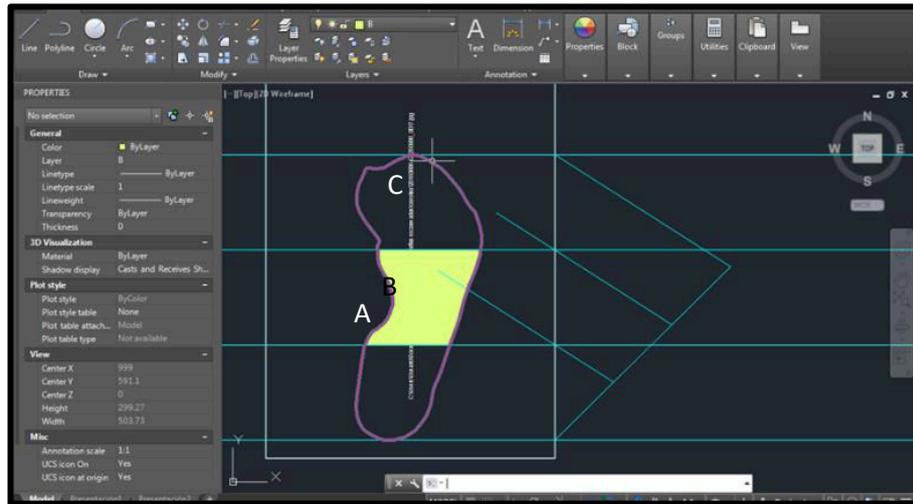


Figura 20 Ejemplo de cálculo de áreas en Autocad©

Una vez conocidas las áreas se halló el Arch Index (AI), según definen Cavanagh y Rogers (7), los datos de cada huella plantar fueron transferidos a una tabla de Excel en la cual se calculó  $AI = B / (A + B + C)$ . Las mediciones se categorizaron cómo consta en la definición de las variables.

#### 5.2.5.4. Determinación de la discapacidad y dolor en el pie

El investigador proporcionó el cuestionario al participante y le informó sobre cómo debía de ser registradas las respuestas. Se insistió en explicar al sujeto de estudio que la circunstancia descrita debería de ser debida a la incapacidad que le producía el dolor de pies y recalcar que la referencia temporal era el mes previo a cubrir el cuestionario.

El cuestionario constaba de 19 ítems que el paciente debía de responder si percibía o le ocurría el evento mencionado *ningún día, algún día o todos los días* durante el mes previo al interrogatorio.

Los 19 ítems se dividieron en 4 dimensiones:

***Dimensión Funcional***, engloba los ítems del 1 al 10.

***Dimensión Apariencia***, engloba los ítems de 11 a 12

***Dimensión Dolor***, engloba los ítems de 13 a 17

***Dimensión Trabajo***, ítems 18 y 19.

El análisis cuantitativo del cuestionario, se realizó siguiendo las indicaciones utilizadas por Garrow et al en su validación <sup>185</sup>, valor 0 cuando el sujeto respondía “Ningún día”, el valor 1 Cuando el sujeto respondía “en algunos días” y el valor 2 cuando respondía “la mayoría/todos los días”. En la dimensión trabajo cuando se marcó la opción “*no aplicables*”, cuando el sujeto ya no trabajaba o no realizaba actividad física por sus circunstancias sociales o físicas, la puntuación asignada a esta respuesta fue de 50 puntos.

Asignando esta puntuación a las respuestas obtenidas, el rango de puntuación en la dimensión función podía variar de 0 a 20 puntos; En la dimensión apariencia el rango de 0 a 4 puntos; En la dimensión Dolor los valores podía extenderse de 0 a 10 puntos y en la dimensión trabajo y actividad en un rango va de 0 a 100 puntos, siendo los valores mayores de 4 reflejo de no aplicación de la dimensión.

En este estudio, el análisis de alteración se realizó hallando la puntuación media y mediana de cada una de las dimensiones, considerándose alteración o puntuación elevada cuando la puntuación obtenida en la dimensión se encontraba por encima de la mediana.

#### *5.2.6. Análisis estadístico:*

Se realizó un análisis univariado describiendo las variables recogidas en el estudio según la naturaleza de estas. Las variables cualitativas o categóricas se expresan como valor absoluto y porcentaje. Las variables cuantitativas se describen con su valor medio  $\pm$  desviación típica, mediana y rango.

La posible asociación entre variables cualitativas o categóricas se comprobó mediante el estadístico Chi-cuadrado o la prueba exacta de Fisher. Se compararon los valores medios por medio de la prueba T-Student, en el caso de dos grupos, o la prueba ANOVA, para más de dos grupos. Si las variables numéricas no cumplían el supuesto de normalidad, contrastado con la prueba de Kolmogorov-Smirnov, que utilizaron pruebas no paramétricas, U de Mann-Whitney y Kruskal-Wallis respectivamente.

Se realizó un análisis multivariante de regresión logística para determinar qué variables se asocian de forma independiente a las variables respuesta de interés.

Se estudió la capacidad de diversas mediciones para predecir eventos mediante curvas ROC. Se calculó, para diferentes puntos de corte, la sensibilidad, especificidad y valores predictivos, con sus intervalos de confianza al 95%.

Se realizó un análisis de concordancia mediante el índice Kappa entre las diferentes mediciones de altura del ALI.

El análisis se realizó con el software estadístico IBM SPSS Statistics 19.0 y Epidat (versiones 3.1 y 4.1)

### **5.3. Prueba de fiabilidad de las mediciones antropométricas normalizadas del arco longitudinal interno.**

#### *5.3.1. Metodología*

Las pruebas de fiabilidad se desarrollaron realizando un diseño de estudio descriptivo transversal de análisis de concordancia inter e intraobservador.

El estudio se llevó a cabo en la clínica Universitaria de Podología de Ferrol con una muestra de 61 alumnos (122 pies), de edades comprendidas entre 20 y 36 años, tomando el pie como unidad muestral. El tamaño muestral de 122 pies permite estimar la diferencia media inter e intraobservador con una seguridad del 95% y una precisión de  $\pm 0,35$ .

Dos exploradores realizaron las mediciones de forma independiente; El primer explorador, realizó las mediciones dos veces separadas por un periodo de 7 días. Entre estas mediciones se establece la concordancia intraobservador, utilizando la segunda medición como control. La concordancia interobservador se estableció con los valores de la primera exploración del explorador 1 y los valores de la única exploración del explorador 2.

El análisis de fiabilidad se realizó por medio de la metodología de Bland\_Altman y diferencias de mediciones intra e interobservador mediante el test de T de student de datos pareados.

## **6. RESULTADOS**

### **6.1. Análisis descriptivo de las características sociodemográficas y antropométricas, muestra global y por sexo.**

Las características generales de la población estudiada (n=423) se muestran en la tabla 10. La media de edad de la muestra fue de 44,43  $\pm$ 18,87 años y un rango que oscilaba de 18 a 87 años. Existió un predominio de mujeres, que representaron el 63% de la muestra. Se objetivó una alta prevalencia de sobrepeso (34,8%) y obesidad (24,8%).

No se detectaron diferencias significativas en la edad de los pacientes ni en el IMC numérico según sexo. Se objetivó una distribución significativamente diferente en las categorías del IMC según sexo. El porcentaje de hombres con sobrepeso fue de 44,6% vs. 28,9% de las mujeres, el 29,3% de los hombres tenían un peso normal frente al 46,2% de las mujeres. (Tabla 7)

Del total de la muestra estudiada, el 61,6% eran pacientes de la clínica de podología o del área clínica, el 22,9% alumnos de la titulación y el 15,6 % acompañantes de pacientes. (Tabla 8)

En cuanto a los tratamientos utilizados para patologías del pie, en los tres meses anteriores a la exploración, un 36,8% de la muestra manifestó haber utilizado algún tipo de tratamiento ortopodológico, entre los cuales las ortesis plantares eran los más frecuentes, 34% del total de la muestra. El 11,8% había sido tratado en los tres meses anteriores con algún tratamiento farmacológico para afecciones del pie y un 8,0% había sido tratado con el mismo fin con algún tratamiento físico.

Tabla 7. Características sociodemográficas y antropométricas de la muestra y por sexo.

			Hombres	Mujeres	
		n (%)	Media ± DT	Media ± DT	p
<b>Edad</b>			44,43 ± 18,87	43,98 ± 19,29	0,357
<b>Sexo</b>	Hombre	157 (37)			
	Mujer	266 (63)			
<b>Peso (kg)</b>			73,94 ± 15,12	68,71 ± 13,87	<b>&lt;0,001</b>
<b>Talla (m)</b>			1,65 ± 0,09	1,60 ± 0,07	<b>&lt;0,001</b>
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>			27,10 ± 5,21	26,77 ± 5,66	0,073
	Bajo peso	2 (0,5)	0	2(0,8)	<b>0,002</b>
	Peso normal	169 (40)	46 (29,3)	123 (46,2)	
	Sobrepeso	147 (34,8)	70 (44,6)	77 (28,9)	
	Obesidad	105 (24,8)	41 (26,1)	64 (24,1)	

Tabla 8. Tipo de sujetos de estudio, tratamientos podológicos y comorbilidad

		n	%
<b>Tipo sujeto de Estudio (n=423)</b>	Paciente Clínica Podológica	261	61,6
	Acompañante de paciente	66	15,6
	Alumno de Podología	96	22,9
<b>Terapia podológica</b>			
<b>Uso tratamiento ortopodológico</b>	Si	156	36,8
	No	267	63,2
<b>Tipo de tratamiento ortopodológico</b>	Ninguno	267	63
	Ortesis plantar	144	34
	Ortesis Digital	12	2,8
<b>Uso de tratamiento Farmacológico</b>	Si	50	11,8
	No	372	88,2
<b>Tipo de tratamiento Farmacológico</b>	Ninguno	372	87,9
	Aines	39	9,2
	Antibióticos	2	0,5
	Antifúngicos	6	1,4
	Otros	4	0,9
<b>Uso de tratamientos físicos</b>	Si	34	8,0
	No	389	92
<b>Tipo de tratamiento físico</b>	ninguno	389	92
	Termoterapia	11	2,6
	Electroterapia	12	2,8
	Cinesiterapia/manual	9	2,1
	Otros	2	0,5

## 6.2. Morfología de la huella plantar, posicionamiento y medidas antropométricas según sexo e IMC

### 6.2.1. Morfología de la huella plantar según Arch Index, muestra global y por sexo

La morfología de la huella plantar, clasificada por AI, mostró unos valores medios iguales en pie izquierdo y pie derecho  $0,24 \pm 0,06$ . (Tabla 9)

El arco normal era la morfología más frecuente, según AI, en el pie izquierdo fue el 38,6% de la muestra y el pie derecho el 43,6%. El arco bajo se presentaba en el 34,4% en el pie izquierdo y 34,8% en el pie derecho y el arco elevado en el 27% en pie izquierdo y 21,6% en derecho (figuras 21 y 22).

Tabla 9. Descriptiva de valores de Arch index

	PIE IZQUIERDO		PIE DERECHO	
	Media $\pm$ DT	Mediana (rango)	Media $\pm$ DT	Mediana (rango)
<b>Arch Index</b>	<b><math>0,24 \pm 0,06</math></b>	<b>0,25 (0,00–0,38)</b>	<b><math>0,24 \pm 0,06</math></b>	<b>0,25 (0,03–0,39)</b>
	<b>n</b>	<b>%</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
A. bajo	145	34,4	147	34,8
A. normal	163	38,6	184	43,6
A. elevado	114	27	91	21,6

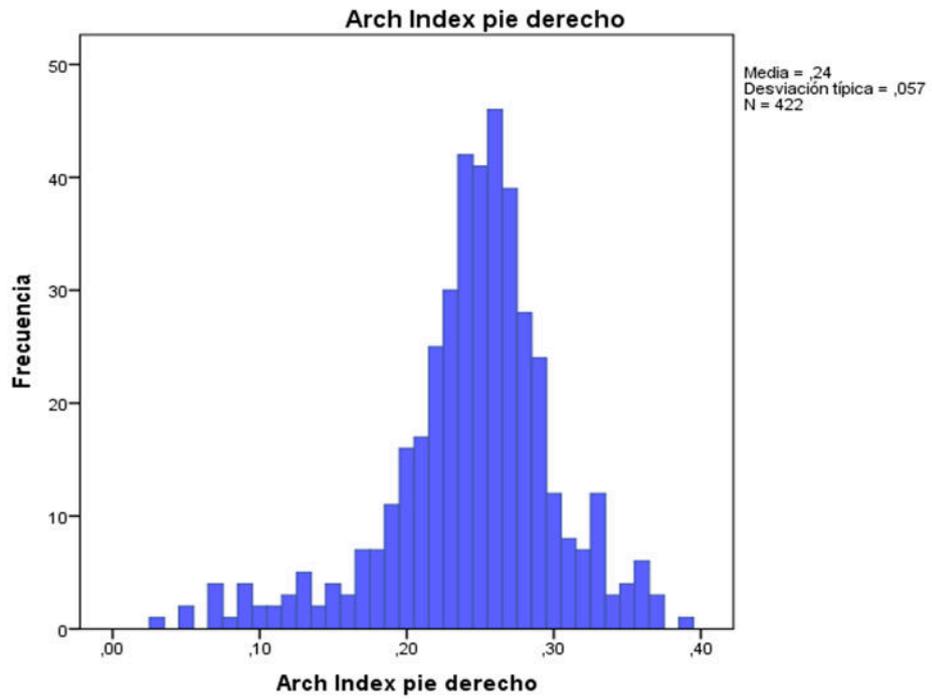


Figura 21 Distribución de valores de Arch Index en pie derecho.

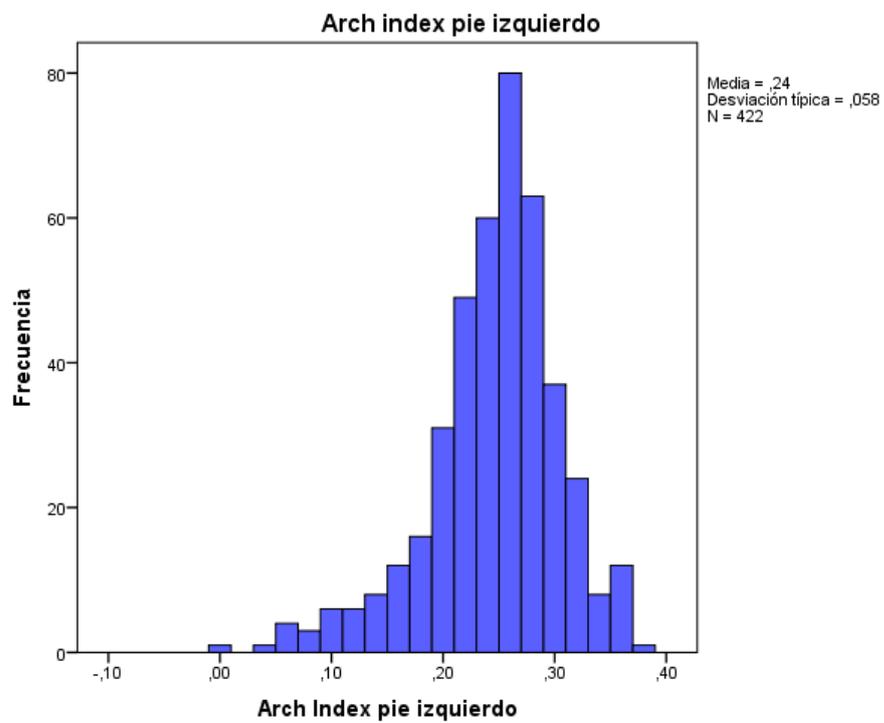


Figura 22 Distribución de valores de Arch Index en pie izquierdo

Se objetivó que no existían diferencias significativas en el valor medio de AI entre hombres y mujeres ni en pie izquierdo ni pie derecho. Si se categorizaban los valores de la variable en arco bajo, normal o elevado se observó que existía una asociación estadísticamente significativa entre dicha clasificación y el sexo. En el análisis de pie izquierdo se observa que, en los hombres la morfología más frecuente fue AI normal 46,5% y en las mujeres AI bajo 35,1%. En el caso del pie derecho, se objetiva que un 41,4% de los hombres presentan AI bajo y un 42,0% AI normal, en el caso de las mujeres destacamos que un 44,5% se clasifican en AI normal (Tabla 10)

Tabla 10. Análisis de medias y diferencias de Arch Index por sexo

	PIE IZQUIERDO			PIE DERECHO		
	Hombre Media ± DT	Mujer Media ± DT	p	Hombre Media ± DT	Mujer Media ± DT	p
<b>Arch Index</b>	0,24 ± 0,05	0,24 ± 0,06	0,226	0,25 ± 0,05	0,24 ± 0,06	0,062
	n (%)	n (%)	p	n (%)	n (%)	p
<b>A. bajo</b>	52 (33,1)	93 (35,1)	<b>0,017</b>	65 (41,4)	82 (30,9)	<b>0,046</b>
<b>A. normal</b>	73 (46,5)	90 (34)		66 (42)	118 (44,5)	
<b>A. elevado</b>	32 (20,4)	82 (30,9)		26 (16,6)	65 (24,5)	

#### 6.2.2. Posicionamiento del pie en carga por FPI6, muestra global y por sexo

El FPI6 tenía una media de 3,35±4,70 para el pie Izquierdo y 3,31±4,56 para pie derecho. Los porcentajes de posición normal fueron 41,5% en pie izquierdo y 44,4% pie derecho (Tabla 11).

La posición alterada más frecuente fue la pronación, 28,0% vs 28,8% para pie izquierdo y derecho respectivamente, seguido de la supinación y con porcentajes inferiores los valores extremos muy pronado y muy supinado.

En los valores en pronación los ítems que presentaban con más frecuencia alteración fueron la posición de la cabeza astragalina, en el 64,6% en pie Izquierdo y 66,9% en pie derecho y la prominencia astrágalo escafoidea con valores de 58,6% y 58,0% respectivamente. (Tabla 12)

Tabla 11. Descriptiva de valores de Foot Posture Index 6.

	PIE IZQUIERDO		PIE DERECHO	
	Media $\pm$ DT	Mediana (rango)	Media $\pm$ DT	Mediana (rango)
<b>FPI6 TOTAL</b>	<b>3,35 <math>\pm</math> 4,70</b>	<b>4(-9 – +12)</b>	<b>3,31 <math>\pm</math> 4,56</b>	<b>4(-12+12)</b>
	n	%	n	%
<b>Normal</b>	175	41,5	188	44,4
<b>Pronado</b>	118	28	122	28,8
<b>Muy pronado</b>	43	10,2	33	7,8
<b>Supinado</b>	61	14,5	57	13,5
<b>Muy supinado</b>	25	5,9	23	5,4

Tabla 12. Frecuencia de puntuaciones en Foot Posture Index 6.

	PIE IZQUIERDO				
	-2	-1	0	+1	+2
	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)
<b>Posición de cabeza astragalina</b>	0	32 (7,6)	118 (27,9)	191 (45,2)	82 (19,4)
<b>Curvatura supra e inframaleolar</b>	2 (0,5)	35 (8,3)	141 (33,3)	175 (41,4)	70 (16,5)
<b>Posición de calcáneo</b>	4 (0,9)	52 (12,3)	172 (40,7)	140 (33,1)	55 (13)
<b>Prominencia astrágalo escafoidea</b>	5 (1,2)	62 (14,7)	108 (25,5)	184 (43,5)	64 (15,1)
<b>Congruencia del ALI</b>	6 (1,4)	68 (16,1)	134 (31,7)	164 (38,8)	51 (12,1)
<b>Abducción de antepié respecto a retropié</b>	0	40 (9,5)	179 (42,4)	163 (38,6)	40 (9,5)
	PIE DERECHO				
	-2	-1	0	+1	+2
	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)
<b>Posición de cabeza astragalina</b>	1 (0,2)	28 (6,6)	111(26,2)	207 (48,9)	76 (18)
<b>Curvatura supra e inframaleolar</b>	3 (0,7)	27 (6,4)	143 (33,8)	190 (44,9)	60 (14,2)
<b>Posición de calcáneo</b>	5 (1,2)	51 (12,1)	183 (43,3)	144 (34)	40 (9,5)
<b>Prominencia astrágalo escafoidea</b>	6 (1,4)	56 (13,2)	116 (27,4)	191 (45,2)	54 (12,8)
<b>Congruencia del ALI</b>	7 (1,7)	65 (15,4)	143 (33,8)	164 (38,8)	44 (10,4)
<b>Abducción de antepié respecto a retropié</b>	2 (0,5)	32 (7,6)	172 (40,7)	170 (40,2)	47 (11,1)

Se objetivaron diferencias estadísticamente significativas según sexo, las mujeres tenían una puntuación media 2,5 puntos superior en el FPI6 que los hombres ( $7,58 \pm 8,51$  vs.  $5,08 \pm 9,63$ ;  $p=0,008$ ). (Tabla 13)

En los valores categorizados de FPI6, en el pie izquierdo no se presentaban diferencias estadísticamente significativas. En el pie derecho las diferencias fueron significativas siendo el porcentaje de pie normal el 41,4% en los hombres y el 46,6% en las mujeres. Los valores en pronación eran alcanzados por un 35% de los hombres frente a un 37,6% de las mujeres y en los valores de supinación representaban la postura del 33,6% de los hombres frente al 16,1% en las mujeres. (Tabla 13).

Tabla 13. Descripción de valores de Foot Posture Index 6 según sexo

	HOMBRE	MUJER				
	Media $\pm$ DT	Media $\pm$ DT	p			
<b>FPI6 TOTAL</b>	5,08 $\pm$ 9,63	7,58 $\pm$ 8,51	<b>0,008</b>			
	PIE IZQUIERDO			PIE DERECHO		
	Hombre	Mujer		Hombre	Mujer	
	n (%)	n (%)	p	n (%)	n (%)	p
<b>Normal</b>	60 (38,5)	115 (43,2)	<b>0,072</b>	65 (41,4)	123 (46,2)	<b>0,015</b>
<b>Pronado</b>	43 (27,6)	75 (28,2)		46 (29,3)	76 (28,6)	
<b>Muy pronado</b>	12 (7,7)	31 (11,7)		9 (5,7)	24 (9,0)	
<b>Supinado</b>	26 (16,7)	35 (13,2)		21 (13,4)	36 (13,5)	
<b>Muy supinado</b>	15 (9,6)	10 (3,8)		16 (10,2)	7 (2,6)	

### 6.2.3. Medidas antropométricas, muestra global y por sexo.

En las medidas de dimensión del pie, pudimos observar que los valores medios de altura eran discretamente mayores en pie derecho que en pie izquierdo. Si analizáramos los valores medios de longitud total del pie, observamos que poseían valores muy similares en ambos pies, 24,92 $\pm$ 1,61cm pie izquierdo y 24,91 $\pm$ 1,61cm pie derecho (Tabla 14).

La normalización de las alturas de ALI, valores reflejados en Tabla 15, no mostraban diferencia entre ambos pies en los valores medios. En las alturas normalizadas de tubérculo de escafoides en el pie izquierdo se objetivaban valores inferiores al pie derecho, para BAI (0,15 vs 0,16) y BAIT (0,22 vs 0,23), las alturas del dorso del ALI presentaban valores similares en ambos pies.

Tabla 14. Descripción de la muestra según las medidas de dimensión del pie y del ALI

	PIE IZQUIERDO		PIE DERECHO	
	Media $\pm$ DT	Mediana (Rango)	Media $\pm$ DT	Mediana (Rango)
<b>Altura tubérculo de escafoides</b>	3,96 $\pm$ 0,78	4,00 (1,50–6,50)	4,12 $\pm$ 0,76	4,1 (1,50-6,80)
<b>Longitud pie carga</b>	24,92 $\pm$ 1,61	24,80 (21,40–29,30)	24,91 $\pm$ 1,61	24,8 (21,4-29,30)
<b>Longitud truncada pie en carga</b>	18,08 $\pm$ 1,24	18 (15,00–21,00)	18,19 $\pm$ 1,23	18 (15-22)
<b>Altura dorso al 50% de la longitud</b>	5,77 $\pm$ 0,62	5,8 (4,00–8,10)	5,80 $\pm$ 0,58	5,8 (4,20-7,80)

Tabla 15. Descripción de la muestra según las medidas de dimensión del ALI normalizadas

	PIE IZQUIERDO		PIE DERECHO	
	Media $\pm$ DT	Mediana (Rango)	Media $\pm$ DT	Mediana (Rango)
<b>BAI</b>	0,15 $\pm$ 0,02	0,15 (0,06–0,25)	0,16 $\pm$ 0,02	0,16 (0,06–0,27)
<b>AHI</b>	0,23 $\pm$ 0,02	0,23 (0,16-0,32)	0,23 $\pm$ 0,01	0,23 (0,17–0,31)
<b>BAIT</b>	0,22 $\pm$ 0,04	0,22 (0,07-0,34)	0,23 $\pm$ 0,04	0,23 (0,07-0,36)

En todas las variables antropométricas estudiadas, se objetivaban diferencias estadísticamente significativas entre hombres y mujeres (Tabla 16), los valores medios fueron más elevados en los hombres que en las mujeres.

Estas diferencias se trasladaban a las medidas normalizadas, Tabla 17, en las cuales de nuevo se podían observar mayores valores en todos los parámetros en los hombres que en las mujeres, siendo el parámetro que presentaba mayores diferencias BAIT (para pie izquierdo 0,23 en lo hombres y 0,21 para las mujeres con  $p=0,002$  y en pie derecho 0,24 en los hombres y 0,22 en las mujeres con  $p<0,001$ ).

Tabla 16. Medias y diferencias de las medidas de dimensión del pie y ALI según sexo

	PIE IZQUIERDO			PIE DERECHO		
	Hombre	Mujer	p	Hombre	Mujer	p
	Media ± DT	Media ± DT		Media ± DT	Media ± DT	
<b>MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS</b>						
<b>Altura tubérculo de escafoides</b>	4,35 ± 0,80	3,75 ± 0,67	<b>&lt;0,001</b>	4,52 ± 0,8	3,89 ± 0,62	<b>&lt;0,001</b>
<b>Longitud pie</b>	26,38 ± 1,28	24,06 ± 1,09	<b>&lt;0,001</b>	26,36 ± 1,30	24,06 ± 1,08	<b>&lt;0,001</b>
<b>Longitud truncada pie</b>	19,13 ± 1,00	17,46 ± 0,90	<b>&lt;0,001</b>	19,23 ± 1,04	17,58 ± 0,89	<b>&lt;0,001</b>
<b>Altura dorso al 50% longitud</b>	6,24 ± 0,51	5,50 ± 0,519	<b>&lt;0,001</b>	6,25 ± 0,52	5,54 ± 0,45	<b>&lt;0,001</b>

Tabla 17. Medias y diferencias de las medidas de dimensión normalizadas según sexo.

	PIE IZQUIERDO			PIE DERECHO		
	Hombre	Mujer	p	Hombre	Mujer	p
	Media ± DT	Media ± DT		Media ± DT	Media ± DT	
<b>MEDIDAS NORMALIZADAS</b>						
<b>BAI</b>	0,16 ± 0,03	0,15 ± 0,03	<b>0,001</b>	0,17 ± 0,03	0,16 ± 0,03	<b>0,001</b>
<b>AHI</b>	0,24 ± 0,02	0,23 ± 0,02	<b>&lt;0,001</b>	0,24 ± 0,02	0,23 ± 0,02	<b>0,001</b>
<b>BAIT</b>	0,23 ± 0,04	0,21 ± 0,04	<b>0,002</b>	0,24 ± 0,04	0,22 ± 0,04	<b>&lt;0,001</b>

*6.2.4. Relación entre el IMC y las medidas antropométricas de dimensión de ALI normalizadas, morfología de la huella plantar (AI) y la postura del pie (FPI6)*

El análisis de las diferencias entre IMC categorizado en bajo peso o normo peso, sobrepeso y obesidad (Tabla 18), se evidenciaba que no existían diferencias estadísticamente significativas en las alturas normalizadas del ALI entre los paciente con peso normal, pacientes con sobrepeso y pacientes con obesidad. Tampoco se objetivaron diferencias significativas en la puntuación total del FPI6 según la clasificación del IMC.

Sí se encontraron diferencias significativas en las puntuaciones de AI en función del IMC. La puntuación media de AI fue mayor en pacientes con obesidad y pacientes con sobrepeso respecto a peso normal (en pie izquierdo 0,27 obesos, 0,25 sobrepeso y 0,22 Normo peso y bajo peso, y en pie derecho 0,27 obesos, 0,25 sobrepeso y 0.22 Normopesos y bajo peso). En las pruebas de comparación dos a dos se objetivan diferencias estadísticamente significativas en todas las comparaciones.

Tabla 18. Medias y diferencias de las medidas de dimensión normalizadas, Arch Index y Foot posture Index según IMC.

<b>PIE IZQUIERDO</b>				
	<b>Normopeso n=170</b>	<b>Sobrepeso n=147</b>	<b>Obesidad n=105</b>	<b>p</b>
	<b>Media ± DT</b>	<b>Media ± DT</b>	<b>Media ± DT</b>	
<b>BAI</b>	0,16 ± 0,025	0,16 ± 0,032	0,15 ± 0,033	0,193
<b>BAIT</b>	0,22 ± 0,036	0,23 ± 0,042	0,22 ± 0,046	0,204
<b>AHI</b>	0,23 ± 0,019	0,23 ± 0,023	0,23 ± 0,023	0,813
<b>AI</b>	0,22 ± 0,056	0,25 ± 0,056	0,27 ± 0,047	<b>&lt;0.001</b>
<b>FPI6</b>	3,31 ± 4,480	3,30 ± 4,870	3,51 ± 4,881	0,771
<b>PIE DERECHO</b>				
	<b>Normopeso n=170</b>	<b>Sobrepeso n=147</b>	<b>Obesidad n=105</b>	<b>p</b>
	<b>Media ± DT</b>	<b>Media ± DT</b>	<b>Media ± DT</b>	
<b>BAI</b>	0,17 ± 0,025	0,16 ± 0,029	0,16 ± 0,032	0,182
<b>BAIT</b>	0,23 ± 0,037	0,23 ± 0,042	0,22 ± 0,046	0,154
<b>AHI</b>	0,23 ± 0,018	0,23 ± 0,020	0,23 ± 0,022	0,545
<b>AI</b>	0,22 ± 0,052	0,25 ± 0,057	0,27 ± 0,048	<b>&lt;0.001</b>
<b>FPI6</b>	3,25 ± 4,521	3,35 ± 4,576	3,35 ± 4,670	0,849

En el análisis según IMC por sexos, se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en grupo de hombres para valores de AI y no significativas para AI categorizado. En las mujeres fueron significativas las diferencias en ambos pies para BAI, BAIT, valores de AI y AI categorizado. No se evidenciaron diferencias significativas en valores de FPI6 ni en categorización de FPI 6 para ninguno de los sexos. (Tablas 19 y 20)

Se observó una correlación positiva pero débil entre los valores de IMC y AI en hombres, con valores de  $r=0,201$   $p=0,011$  en pie izquierdo y  $r=0,187$   $p=0,019$  pie derecho. La correlación se mantuvo en el grupo de mujeres con valores  $r=0,463$   $p<0,001$  para pie izquierdo y  $r=0,441$   $p<0,001$  para pie derecho. La correlación lineal con las variables BAI y BAIT fue negativa y significativa solo en las mujeres. (Tablas 19 y 20)

Tabla 19. Valores medios de las medidas de ALI normalizadas, Arch Index y Foot Posture Index y diferencias en función del IMC según sexo: Hombres

HOMBRES					
PIE IZQUIERDO					
	Normopeso	Sobrepeso	Obesidad		
	Media $\pm$ DT	Media $\pm$ DT	Media $\pm$ DT	p	IMC r (p)
<b>FPI6</b>	1,74 $\pm$ 4,74	2,86 $\pm$ 5,01	2,68 $\pm$ 4,79	0,424	0,085(0,293)
<b>BAI</b>	0,17 $\pm$ 0,03	0,17 $\pm$ 0,03	0,16 $\pm$ 0,03	0,986	0,003(0,973)
<b>AHI</b>	0,23 $\pm$ 0,02	0,24 $\pm$ 0,02	0,24 $\pm$ 0,02	0,395	0,099(0,217)
<b>BAIT</b>	0,23 $\pm$ 0,04	0,23 $\pm$ 0,05	0,23 $\pm$ 0,05	0,981	0,019(0,816)
<b>Arch Index</b>	0,23 $\pm$ 0,05	0,24 $\pm$ 0,05	0,26 $\pm$ 0,05	<b>0,030</b>	<b>0,201 (0,011)</b>
<b>AI Categorizado</b>	<b>n (%)</b>	<b>n (%)</b>	<b>n (%)</b>	<b>p</b>	
<b>Arco Normal</b>	20(43,5)	34(48,6)	19(46,3)	0,487	
<b>Arco Bajo</b>	14(30,4)	21(30,0)	17(41,5)		
<b>Arco elevado</b>	12(26,1)	15(21,4)	5(12,2)		
PIE DERECHO					
<b>FPI6</b>	1,76 $\pm$ 5,31	3,06 $\pm$ 4,73	2,83 $\pm$ 5,17	0,386	0,093(0,249)
<b>BAI</b>	0,17 $\pm$ 0,02	0,16 $\pm$ 0,03	0,16 $\pm$ 0,03	0,836	-0,017(0,834)
<b>AHI</b>	0,24 $\pm$ 0,02	0,24 $\pm$ 0,02	0,24 $\pm$ 0,02	0,412	0,099(0,218)
<b>BAIT</b>	0,23 $\pm$ 0,03	0,22 $\pm$ 0,04	0,21 $\pm$ 0,04	0,863	-0,017(0,834)
<b>Arch Index</b>	0,22 $\pm$ 0,05	0,25 $\pm$ 0,06	0,28 $\pm$ 0,05	<b>0,019</b>	<b>0,187(0,019)</b>
<b>AI Categorizado</b>	<b>n (%)</b>	<b>n (%)</b>	<b>n (%)</b>	<b>p</b>	
<b>Arco Normal</b>	23(50,0)	29(41,4)	14(34,1)	<b>0,067</b>	
<b>Arco Bajo</b>	12(26,1)	30(42,9)	23(56,1)		
<b>Arco elevado</b>	11(23,9)	11(15,7)	4(9,8)		

Tabla 20. Valores medios de las medidas de ALI normalizadas, Arch Index y Foot Posture Index y diferencias en función del IMC según sexo: Mujeres

MUJERES					
PIE IZQUIERDO					
	Normopeso Media ± DT	Sobrepeso Media ± DT	Obesidad Media ± DT	p	IMC r (p)
<b>FPI6</b>	3,89 ± 4,26	3,70 ± 4,74	4,03 ± 4,91	0,772	0,007(0,913)
<b>BAI</b>	0,16 ± 0,03	0,15 ± 0,03	0,15 ± 0,03	<b>0,023</b>	<b>-0,160(0,009)</b>
<b>AHI</b>	0,23 ± 0,02	0,24 ± 0,02	0,24 ± 0,02	0,496	-0,060(0,329)
<b>BAIT</b>	0,22 ± 0,04	0,21 ± 0,04	0,21 ± 0,05	<b>0,021</b>	<b>-0,161(0,009)</b>
<b>Arch Index</b>	0,21 ± 0,06	0,25 ± 0,06	0,28 ± 0,04	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,463(&lt;0,001)</b>
<b>AI Categorizado</b>	<b>n (%)</b>	<b>n (%)</b>	<b>n (%)</b>	<b>p</b>	
<b>Arco Normal</b>	43(35,0)	29(37,7)	17(26,6)	<b>&lt;0,001</b>	
<b>Arco Bajo</b>	22(17,9)	31(40,3)	40(62,5)		
<b>Arco elevado</b>	58(47,2)	17(22,1)	7 (10,9)		
PIE DERECHO					
<b>FPI6</b>	3,81 ± 4,08	3,62 ± 4,45	3,69 ± 4,33	0,961	-0,015(0,806)
<b>BAI</b>	0,17 ± 0,02	0,16 ± 0,03	0,15 ± 0,03	<b>0,016</b>	<b>-0,162(0,008)</b>
<b>AHI</b>	0,23 ± 0,02	0,23 ± 0,02	0,23 ± 0,02	0,879	0,016(0,790)
<b>BAIT</b>	0,23 ± 0,03	0,22 ± 0,04	0,21 ± 0,04	<b>0,012</b>	<b>-0,168(0,006)</b>
<b>Arch Index</b>	0,22 ± 0,05	0,25 ± 0,06	0,28 ± 0,05	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,441(&lt;0,001)</b>
<b>AI Categorizado</b>	<b>n (%)</b>	<b>n (%)</b>	<b>n (%)</b>	<b>p</b>	
<b>Arco Normal</b>	64(52,0)	32(41,6)	21(32,8)	<b>&lt;0,001</b>	
<b>Arco Bajo</b>	17(13,8)	28(36,4)	37(57,8)		
<b>Arco elevado</b>	42(34,1)	17(22,1)	6(9,4)		

### 6.3. Análisis de concordancia entre las medidas de dimensión normalizadas, la morfología de la huella plantar y la postura del pie (FPI6)

#### 6.3.1. Análisis de concordancia de la categorización de la morfología de la huella plantar entre ambos pies.

La tabla de contingencia de morfología de la huella plantar entre pie izquierdo y pie derecho, Tabla 21, nos mostraba que en la categoría de AI arco bajo la bilateralidad de la morfología se producía en el 74,8% de la muestra. Para arco normal el 57,6% poseía ambos pies categorizados como normales según AI y en arco elevado la bilateralidad de la morfología se daba en el 78%. Se valoró como destacable que el porcentaje de pacientes que presentaban morfologías extremas, arco bajo en un pie arco alto en otro pie fue de 0%.

El índice Kappa=0,511 con  $p < 0,001$  nos indicaba que en el 51,1% de la muestra la morfología de la huella plantar según AI era igual en pie derecho e izquierdo.

Tabla 21 Análisis de concordancia entre pie izquierdo y pie derecho para Arch index

		Arch Index pie izquierdo		
		A Bajo	A Normal	A Elevado
		n(%)	n(%)	n(%)
Arch Index Pie Derecho	A Bajo	<b>110 (74,8)</b>	37 (25,2)	0 (0)
	A Normal	35 (19)	<b>106 (57,6)</b>	43 (23,4)
	A Elevado	0 (0)	20 (22)	<b>71 (78)</b>
<b>Índice Kappa=0.511 p&lt;0.001</b>				

6.3.2. *Relación entre las diferentes categorías de morfología del arco longitudinal interno del pie según Arch Index y las medidas de dimensión normalizadas*

La diferenciación morfológica entre pie izquierdo y derecho, así como el hecho de que los parámetros de medidas del ALI normalizadas, AI y FPI6 eran pertenecientes a la unidad pie, se justificaba el abordar un análisis de estas variables con una n=844 pies.

En la Tabla 22 se muestran los valores descriptivos de las variables, especificándose percentil 25 y 75 de cada una de ellas, con el fin de poder realizar una agrupación estadística por cuartiles.

Tabla 22. *Descriptiva de las medidas de arco normalizadas la morfología de la huella plantar y la postura del pie en la unidad pie (n= 844)*

	Media $\pm$ DT	Mediana	Rango	Percentil 25	Percentil 75
<b>BAI</b>	0,16 $\pm$ 0,03	0,16	0,06-0,27	0,14	0,18
<b>AHI</b>	0,23 $\pm$ 0,02	0,23	0,16-0,32	0,22	0,24
<b>BAIT</b>	0,22 $\pm$ 0,04	0,22	0,07-0,36	0,19	0,25
<b>AI</b>	0,24 $\pm$ 0,06	0,25	0,00-0,39	0,22	0,27
<b>FPI6</b>	3,33 $\pm$ 4,48	4,00	-12-+12	0,00	6,00

Al realizar la división por cuartiles, Tabla 23, el porcentaje de pie normal estaba entorno al 50% en las medidas normalizadas, el 41,1% en AI. En la medida observacional, congruencia de ALI codificada, que engloba valores positivos +1 y +2 para arco bajo, 0 para arco normal y valores negativos, -1 y -2 para arco elevado, el 50% de la muestra se catalogó como arco bajo.

Tabla 23. Distribución de categorización de morfología del arco según cuartiles de medidas dimensionales normalizadas, Congruencia de ALI codificada y Arch Index.

		n (%)		n (%)	
<b>BAI</b>	<b>Bajo</b>	209 (24,7)	<b>AHI</b>	<b>Bajo</b>	216 (25,5)
	<b>Normal</b>	<b>426 (50,4)</b>		<b>Normal</b>	<b>422 (49,9)</b>
	<b>Elevado</b>	211 (24,9)		<b>Elevado</b>	208 (24,6)
<b>BAIT</b>	<b>Bajo</b>	210 (24,9)	<b>Congruencia ALI codificada</b>	<b>Bajo</b>	<b>423 (50)</b>
	<b>Normal</b>	<b>422 (50)</b>		<b>Normal</b>	277 (32,7)
	<b>Elevado</b>	212 (25,1)		<b>Elevado</b>	146 (17,3)
<b>AI</b>	<b>Bajo</b>	292 (34,6)			
	<b>Normal</b>	<b>347 (41,1)</b>			
	<b>Elevado</b>	205 (24,3)			

Se realizó un test ANOVA para comprobar si estableciendo como variable dependiente las diferentes categorías de clasificación de AI (A elevado, A normal, A bajo) existían diferencias estadísticamente significativas en las variables de altura de arco normalizadas (Tabla 24).

Los valores medios en las tres variables de dimensión normalizadas fueron mayores en el grupo clasificado según AI como arco elevado, respecto al grupo clasificado como arco normal y menores que este los del grupo de los clasificados como arco bajo. Destacar que los rangos de los valores para cada una de las categorías incluyeron valores pertenecientes a las otras categorías.

Los valores medios de las tres mediciones realizadas en los tres grupos de comparación según la clasificación AI mostraban diferencias estadísticamente significativas. Tras realizar los contrastes post-hoc, mediante el estadístico HSD de Tukey, se objetivó que las diferencias significativas se mantenían en las comparaciones dos a dos (Tabla 25).

Tabla 24. Resultados ANOVA de categorías de arch index y alturas de arco normalizadas

ARCH INDEX							
	A Bajo (n=292)		A Normal (n=347)		A Elevado (n=205)		P
	Media ± DT	Rango	Media ± DT	Rango	Media ± DT	Rango	
<b>BAI</b>	0,15 ± 0,03	0,06-0,24	0,17 ± 0,03	0,09-0,27	0,17 ± 0,03	0,11-0,26	<b>&lt;0,001</b>
<b>AHI</b>	0,22 ± 0,02	0,16-0,29	0,23 ± 0,18	0,18-0,31	0,24 ± 0,02	0,19-0,32	<b>&lt;0,001</b>
<b>BAIT</b>	0,20 ± 0,04	0,07-0,32	0,23 ± 0,04	0,12-0,36	0,24 ± 0,04	0,15-0,36	<b>&lt;0,001</b>

Tabla 25. Resultados HSD-Tukey de categorías de Arch Index y Alturas de arco Normalizada

			Diferencias medias	Error típico	P	Límites (I.C 95%)
	<b>Arch Index</b>	<b>Arch Index</b>				
<b>BAI</b>	A. Elevado	A.Normal	0,01	<0,01	<b>0,002</b>	0,00-0,01
	A. Elevado	A. Bajo	0,03	<0,01	<b>&lt;0,001</b>	0,02-0,03
	A. Normal	A Bajo	0,02	<0,01	<b>&lt;0,001</b>	0,13-0,02
<b>AHI</b>	A. Elevado	A. Normal	0,01	<0,01	<b>&lt;0,001</b>	0,00-0,01
	A. Elevado	A. Bajo	0,02	<0,01	<b>&lt;0,001</b>	0,01-0,02
	A. Normal	A. Bajo	0,12	<0,01	<b>&lt;0,001</b>	0,01-0,01
<b>BAI T</b>	A. Elevado	A. Normal	0,01	<0,01	<b>0,001</b>	0,00-0,02
	A. Elevado	A. Bajo	0,04	<0,01	<b>&lt;0,001</b>	0,03-0,05
	A. Normal	A. Bajo	0,03	<0,01	<b>&lt;0,001</b>	0,02-0,03

En la representación gráfica (figura 23), se evidenció que los valores medios que toman las medidas normalizadas de dimensión en el grupo arco bajo, clasificado según AI, se diferenciaban de los grupos arco elevado y arco normal, tomando valores medios más bajos que los grupos arco normal y arco elevado y con intervalos de error que nos permitían establecer unos valores de las diferentes medidas de dimensión normalizadas si como referencia tomamos AI. Cuando la representación gráfica incluye el rango, puede apreciarse que no se pueden establecer valores de las medidas de arco normalizadas para cada categoría si como referencia tomamos AI, puesto que se pudo apreciar que los valores de rango de una categoría incluyen a las otras.

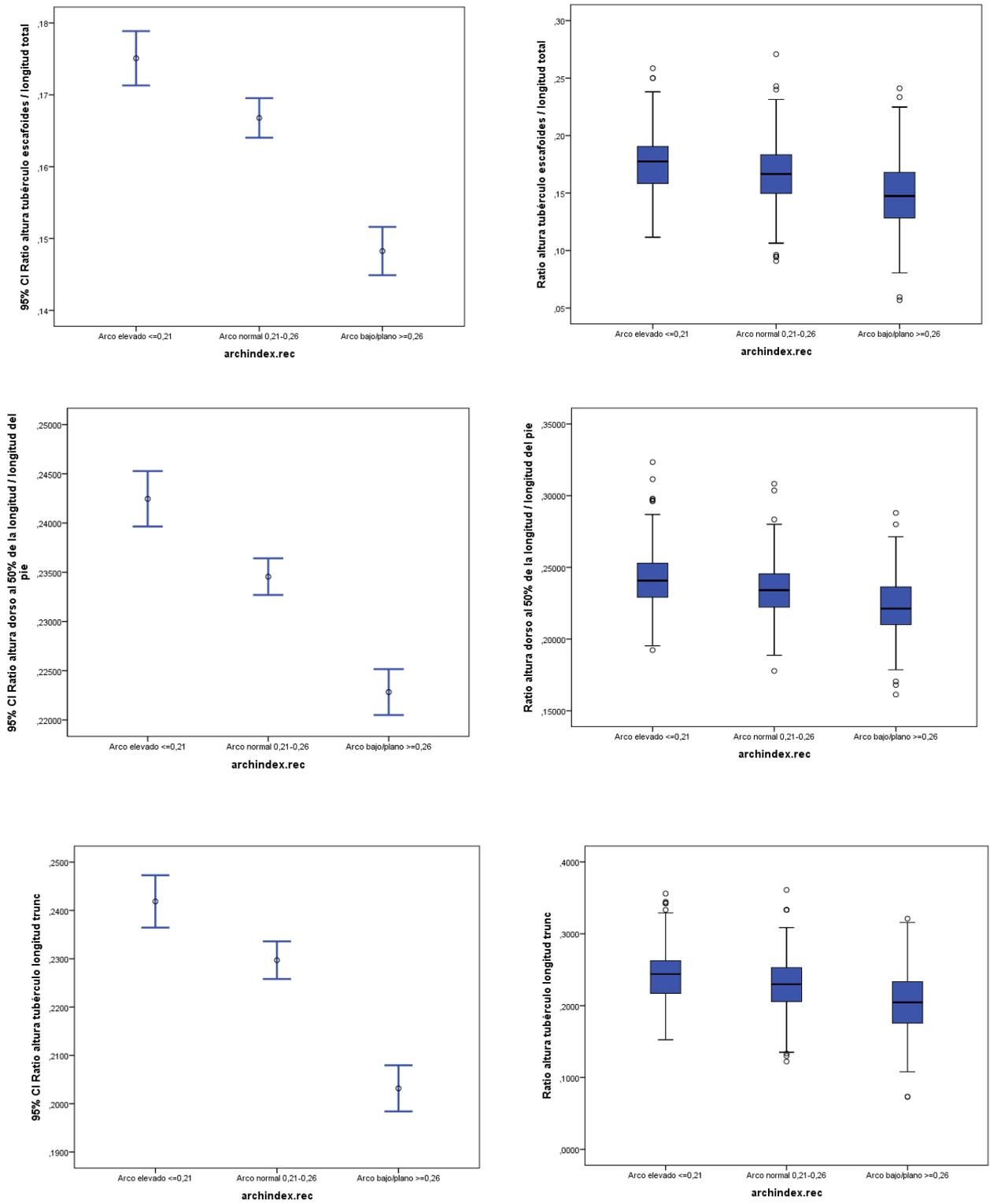


Figura 23. Diagrama de alturas medias y rango de medidas de arco normalizadas categorizadas según Arch index.

*6.3.3. Análisis de concordancia entre la morfología de la Huella plantar y las medidas de dimensión normalizadas.*

Se estudió la concordancia entre la clasificación de la categorización de morfología del arco según AI y las variables de dimensión normalizadas: AHI, BAI, y BAIT.

Para comprobar la concordancia, las variables de dimensión se categorizaron según sus cuartiles, con el objetivo de poder clasificar a los pacientes en las categorías de arco bajo, normal o alto.

Se obtuvieron índices Kappa pobres. La concordancia estimada entre la morfología del arco según AI y AHI tiene un valor de 0,207. Se observó que el 62% de los pacientes se clasifican en las categorías de arco bajo según los dos parámetros, el 46,7% en arcos normales y 38,9% en arcos altos (Tabla 26)

El Kappa entre la morfología del arco según AI y BAIT es de 0,187. El 59,3% se categorizó como arco bajo en las dos variables y ese porcentaje disminuyó para arco normal 46,2% y arco elevado 37,9%. (Tabla 27)

El índice de concordancia entre la morfología del arco según AI y BAIT es de 0,206. En arco bajo el 60,5% fueron categorizados por las dos variables, en arco normal el porcentaje de concordancia fue de 46,9% y en arco alto el 40,1% (Tabla 28)

Tabla 26 Tabla de contingencia AHI según cuartiles y Arch index

	ARCH INDEX			p
	Bajo n (%)	Normal n (%)	Alto n (%)	
<b>AHI</b>				<b>&lt;0,001</b>
<b>Bajo</b>	<b>134 (62)</b>	63 (29,2)	19 (8,8)	
<b>Normal</b>	119 (28,3)	<b>196 (46,7)</b>	105 (25)	
<b>Alto</b>	39 (18,8)	88 (42,3)	<b>81 (38,9)</b>	
<b>Índice Kappa =0.207 p&lt;0.001</b>				

Tabla 27 Tabla de contingencia BAI según cuartiles y Arch index

	ARCH INDEX			p
	Bajo n (%)	Normal n (%)	Alto n (%)	
<b>BAI</b>				<b>&lt;0,001</b>
<b>Bajo</b>	<b>124 (59,3)</b>	56 (26,8)	29 (13,9)	
<b>Normal</b>	132 (31,1)	<b>196 (46,2)</b>	96 (22,6)	
<b>Alto</b>	36 (17,1)	95 (45)	<b>80 (37,9)</b>	
<b>Índice Kappa=0,187 p&lt;0,001</b>				

Tabla 28. Tabla de contingencia BAIT según cuartiles y Arch index

	ARCH INDEX			p
	Bajo n (%)	Normal n (%)	Alto n (%)	
<b>BAIT.</b>				<b>&lt;0,001</b>
<b>Bajo</b>	<b>127 (60,5)</b>	55 (26,2)	28 (13,3)	
<b>Normal</b>	131 (31,2)	<b>197 (46,9)</b>	92 (21,9)	
<b>Alto</b>	34 (16)	93 (43,9)	<b>85 (40,1)</b>	
<b>Índice Kappa=0.206 p&lt;0,001</b>				

#### 6.3.4. Análisis de concordancia entre la valoración visual del ALI y las medidas de dimensión normalizadas

Cuando el índice Kappa se calculó entre las medidas normalizadas y la valoración visual de ALI, (ítem del FPI6 congruencia de ALI), pudimos observar como el valor de concordancia variaba entre 0,289 y 0,310 para  $p < 0,001$  mostrándonos una fuerza de concordancia débil. Tablas 29, 30 y 31.

Cuando de forma visual categorizamos una morfología de arco bajo, en más del 80% de los casos las medidas de dimensión normalizadas otorgan puntuaciones inferiores al percentil 25.

Tabla 29. Tabla de contingencia AHI según cuartiles y valoración visual ALI

VALORACIÓN VISUAL ALI				
	Bajo n (%)	Normal n (%)	Alto n (%)	p
<b>AHI</b>				<0,001
<b>Bajo</b>	182 ( <b>84,3</b> )	30 (13,9)	4 (1,9)	
<b>Normal</b>	201 (47,6)	171 ( <b>40,5</b> )	50 (11,8)	
<b>Alto</b>	40 (19,2)	76 (36,5)	92 ( <b>44,2</b> )	
<b>Índice Kappa=0,289 p&lt;0,001</b>				

Tabla 30. Contingencia BAI según cuartiles y valoración visual ALI

VALORACIÓN VISUAL ALI				
	Bajo n (%)	Normal n (%)	Alto n (%)	p
<b>BAI</b>				<0,001
<b>Bajo</b>	181 ( <b>86,6</b> )	27 (12,9)	1 (0,5)	
<b>Normal</b>	212 (49,8)	172 ( <b>40,4</b> )	42 (9,9)	
<b>Alto</b>	30 (14,2)	78 (37)	103 ( <b>48,8</b> )	
<b>Índice Kappa=0.310 p&lt;0,001</b>				

Tabla 31. Contingencia BAIT según cuartiles y valoración visual ALI

VALORACIÓN VISUAL ALI					
		Bajo n (%)	Normal n (%)	Alto n (%)	p
<b>BAIT</b>					<b>&lt;0,001</b>
	<b>Bajo</b>	181 (86,2)	27 (12,9)	2 (1)	
	<b>Normal</b>	205 (48,6)	171 (40,5)	46 (10,9)	
	<b>Alto</b>	35 (16,5)	79 (37,3)	98 (46,2)	
<b>Índice Kappa=0.302 p&lt;0,001</b>					

### 6.3.5. Análisis de concordancia entre el posicionamiento del pie y la huella plantar

El análisis de concordancia entre la morfología de la huella plantar según AI y la posición del pie según FPI6, Tabla 32, mostró que en la categoría de Arco bajo con pie pronado se produce un 49,4% de coincidencia; en la categoría pie normal el 47,1% y en alto y posición supinada el 32,5%. Debemos destacar que entre los pies categorizados por FPI6 como pronados, el 18,7% son categorizados por AI como arcos elevados. Una situación similar se produce con supinado y AI bajo. El índice Kappa obtiene un valor de 0,150 para  $p < 0,001$  lo cual nos muestra una concordancia pobre.

Tabla 32. Concordancia Arch index y FPI6

ARCH INDEX CODIFICADO					
		Bajo n (%)	Normal n (%)	Alto n (%)	p
<b>FPI6 codificado</b>					<b>&lt;0,001</b>
	<b>Pronado</b>	156 (49,4)	101 (32)	59 (18,7)	
	<b>Normal</b>	99 (27,4)	170 (47,1)	92 (25,5)	
	<b>Supinado</b>	37 (22,3)	75 (45,2)	54 (32,5)	
<b>Índice Kappa=0.150 p&lt;0,001</b>					

#### 6.4. Sensibilidad y especificidad de las medidas de dimensión normalizadas en la categorización de la morfología del arco plantar

##### 6.4.1. Análisis de validez de las medidas de dimensión normalizadas, BAIT, frente a la valoración visual de ALI.

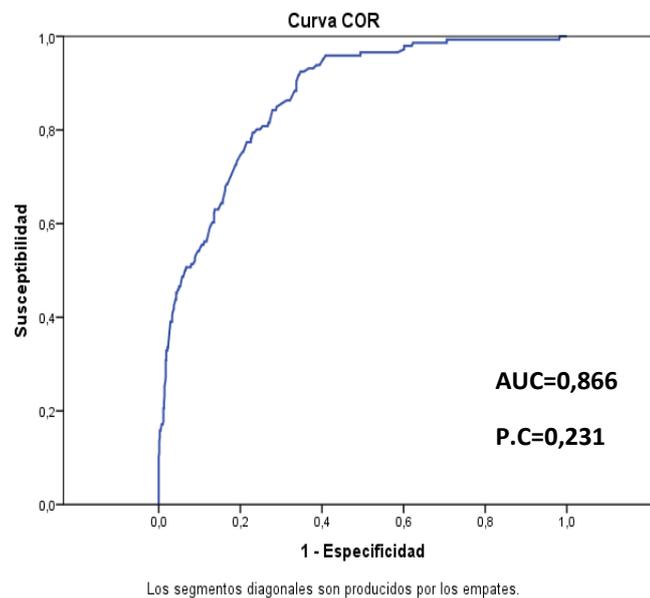
Si consideramos como Gold estándar el ítem de PFI6 Congruencia de ALI, es decir la valoración clínica visual del ALI y calculamos los porcentajes de cada una de las categorías dicotómicas, Tabla 33, el 17,3% de la muestra presenta un ALI elevado frente al 82,7% que presentarían arco normal o bajo. Cuando se dicotomiza la variable con arco bajo el porcentaje de ALI bajo asciende al 50% frente a 50% de ALI elevado o normal.

Tabla 33. Porcentajes de Morfología ALI considerando valoración visual del ALI

	n	%
ALI Normal o Bajo	688/844	82,7
ALI Alto	146/844	17,3
ALI Normal o Alto	422/844	50,0
ALI Bajo	422/844	50,0

Se evaluó la capacidad diagnóstica de BAIT mediante curvas ROC, considerando como Gold estándar valoración visual del ALI (el ítem de FPI6 congruencia de ALI). A partir de las curvas obtenidas se calculó el punto de corte que maximiza el valor de sensibilidad y especificidad (Índice Youden). Se obtuvieron puntos de corte para la clasificación de la altura del ALI en alto, normal y bajo.

Tras categorizar a los sujetos según presencia o no de arco alto mediante la valoración visual (el ítem de FPI6 congruencia de ALI) (17,3%) (Tabla 33), y realizar la curva ROC en el análisis de BAIT como prueba para determinar la morfología de ALI elevado, se obtuvo un área bajo la curva de 0,866 (figura 24). Estableciendo como punto de corte para detectar altura de arco alto el 0,231, se objetiva una sensibilidad del 92,47% y una especificidad del 65,29% (Tabla 34).

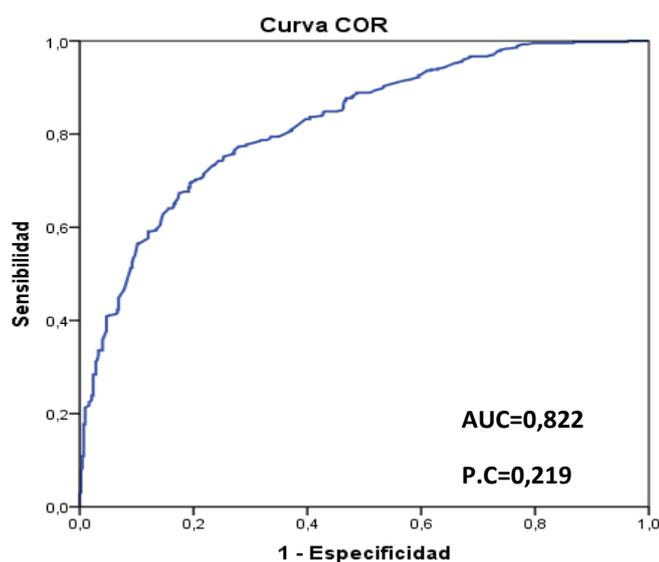


*Figura 24. Curva COR. Valor positivo ALI alto, para BAIT*

Tabla 34 Medidas de validez de BAIT frente al diagnóstico visual de ALI elevado

	Valor	IC (95%)
<b>Sensibilidad</b>	92,47	87,84-97,09
<b>Especificidad</b>	65,29	61,69-68,88
<b>Valor Predictivo +</b>	35,71	30,75-40,68
<b>Valor Predictivo -</b>	97,65	96,17-99,13
<b>Razón de Verosimilitud +</b>	2,66	2,38-2,98
<b>Razón de Verosimilitud -</b>	0,12	0,07-0,20

Clasificando a los pacientes según presencia o no de arco bajo con referencia valoración visual ALI (el ítem de FPI6 Congruencia de ALI) (50%) (Tabla 33), en el análisis de BAIT como prueba diagnóstica de arco bajo, se obtuvo un área bajo la curva de 0,822 (figura 25). Estableciendo como punto de corte el 0,219, se objetivó una sensibilidad del 69,50% y una especificidad del 80,61% (Tabla 35).



Los segmentos de diagonal se generan mediante empates.

Figura 25. Curva COR. Valor positivo ALI bajo, para BAIT

Tabla 35. Medidas de validez BAIT frente al diagnóstico visual de ALI bajo

	Valor	IC (95%)
<b>Sensibilidad</b>	69,50	65,00-74,01
<b>Especificidad</b>	80,61	76,73-84,50
<b>Valor Predictivo +</b>	78,19	73,88-82,50
<b>Valor Predictivo -</b>	72,55	68,41-76,69
<b>Razón de Verosimilitud +</b>	3,59	2,92-4,40
<b>Razón de Verosimilitud -</b>	0,38	0,33-0,44

La concordancia entre BAIT y la valoración visual del ALI, si establecemos como valores de referencia para ALI elevado y ALI bajo los puntos de corte establecidos por las curvas ROC, y los valores de referencia del FPI6 para supinación y pronación, se obtiene un Kappa=0,344 para  $p < 0,001$  (Tabla 36).

Tabla 36. Concordancia BAIT puntos ROC y valoración visual del ALI

	VALORACIÓN VISUAL DEL ALI			p
	Bajo n (%)	Normal n (%)	Alto n (%)	
<b>BAIT</b>				<b>&lt;0,001</b>
<b>Bajo</b>	<b>294(78,2%)</b>	76(20,2%)	6(1,6%)	
<b>Normal</b>	39(42,4%)	<b>48(52,2%)</b>	5(5,4%)	
<b>Alto</b>	90(23,8%)	153(40,5%)	<b>135(35,7%)</b>	
<b>Índice Kappa=0,344, p&lt;0,001</b>				

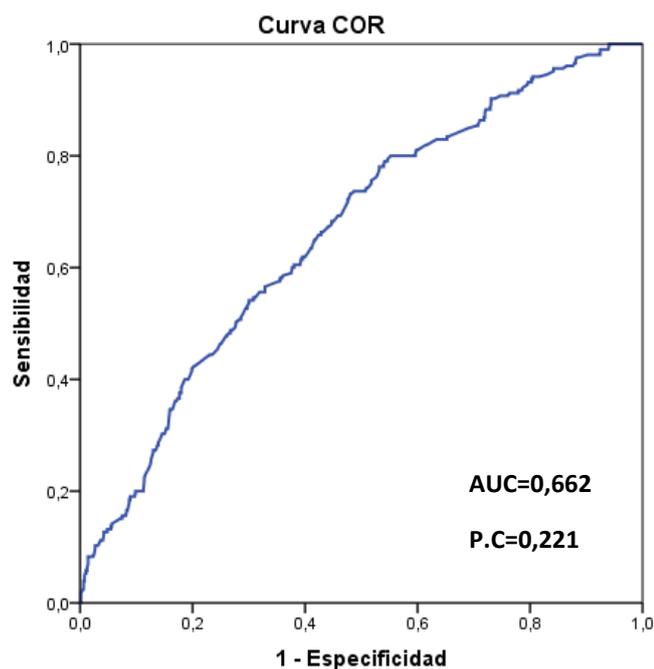
6.4.2. *Análisis de validez de las medidas de dimensión normalizadas, BAIT, frente a morfología de la huella plantar AI.*

Con el objetivo de establecer unas referencias que nos permitiesen categorizar la altura del ALI, en ALI bajo, normal o Alto, en las medidas de dimensión normalizadas se realizó un cálculo de las curvas ROC y los puntos de corte óptimo según Youden para arco alto y arco bajo. Una vez determinados los puntos de corte para arco elevado/bajo, calculamos la sensibilidad, especificidad y razones de las pruebas para valorar su validez.

Tabla 37. *Porcentajes de Morfología ALI considerando Morfología de la huella plantar (AI)*

	n	%
<b>ALI Normal o Bajo</b>	639	75,7
<b>ALI Alto</b>	205	24,3
<b>ALI Normal o Alto</b>	552	65,4
<b>ALI Bajo</b>	292	34,6

Si se establecía como categorización presencia o no de arco alto mediante AI (Tabla 37), en el análisis de BAIT como prueba diagnóstica se obtuvo un área bajo la curva de 0,662 (figura 26). Estableciendo como punto de corte para detectar altura de arco alto el 0,221, se objetiva una sensibilidad del 73,17 y una especificidad del 51,96% (Tabla 38).



Los segmentos de diagonal se generan mediante empates.

Figura 26. Curva COR. Valor positivo ALI alto Arch index, para BAIT

Tabla 38. Medidas de validez de BAIT punto ROC frente a Arch index alto

	Valor	IC (95%)
<b>Sensibilidad</b>	73,17	66,86-79,48
<b>Especificidad</b>	51,96	48-55,91
<b>Valor Predictivo +</b>	32,82	28,41-37,24
<b>Valor Predictivo -</b>	85,79	82,18-89,40
<b>Razón de Verosimilitud +</b>	1,52	1,36-1,71
<b>Razón de Verosimilitud -</b>	0,52	0,41-0,66

Si se categorizaba a los pacientes según la presencia o no de ALI bajo (Tabla 37) en el análisis de BAIT, como prueba diagnóstica, se obtenía un área bajo la curva de 0,709 (figura 27), si el punto de corte para clasificar arco bajo es 0,213 la sensibilidad de la prueba será de 60,69 y la especificidad de 71,38 (Tabla 39)

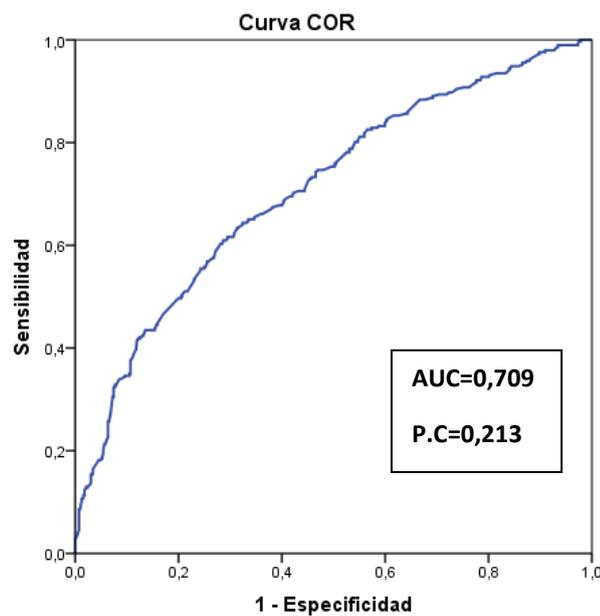


Figura 27. Curva COR. Valor positivo ALI bajo arch index, para BAIT

Tabla 39. Medidas de validez de BAIT punto ROC frente a Arch index bajo

	Valor	IC (95%)
<b>Sensibilidad</b>	60,69	55,19-66,73
<b>Especificidad</b>	71,38	67,52-75,24
<b>Valor Predictivo +</b>	52,98	47,49-58,46
<b>Valor Predictivo -</b>	77,56	73,83-81,29
<b>Razón de Verosimilitud +</b>	2,13	1,81-2,50
<b>Razón de Verosimilitud -</b>	0,55	0,47-0,64

Una vez conocidos los puntos de corte para ALI alto y bajo se realizó la tabla de contingencia entre las categorías de AI y BAIT. El índice Kappa=0,176  $p < 0,001$  (Tabla 40).

*Tabla 40. Concordancia BAIT puntos ROC y Arch Index*

	Arch index			p
	Bajo n (%)	Normal n (%)	Alto n (%)	
<b>BAIT</b>				<b>&lt;0,001</b>
<b>Bajo</b>	<b>178 (53)</b>	115 (34,2)	43 (12,8)	
<b>Normal</b>	14 (27,5)	<b>25 (49)</b>	12 (23,5)	
<b>Alto</b>	100 (21,9)	207 (45,3)	<b>150 (32,8)</b>	
<b>Índice Kappa=0.176, <math>p &lt; 0,001</math></b>				

### 6.5. Descripción de las puntuaciones obtenidas en el Cuestionario de Manchester, muestra global y por sexo, según las dimensiones del cuestionario

El análisis de las puntuaciones medias en cada una de las dimensiones del cuestionario de Manchester nos mostró los valores que aparecen reflejados en la Tabla 41.

*Tabla 41. Análisis descriptivo de las dimensiones del Cuestionario de Manchester de dolor y disfunción del pie.*

	n	Media± DT	Mediana (Rango)
<b>Escala funcional</b>	422	3,43±4,47	2 (0–20)
<b>Escala apariencia personal</b>	422	0,22±0,65	0 (0-4)
<b>Escala dolor</b>	422	2,17±2,60	1 (0-10)
<b>Escala trabajo</b>	422	14,90±31,82	0 (0-100)

En los gráficos (figuras 28, 29, 30 y 31), se reflejó la frecuencia de las puntuaciones obtenidas en cada una de las dimensiones. Las escalas de dolor y función son las que presentaban con mayor frecuencia puntuaciones diferentes a 0, que indicaban que el sujeto manifestaba padecer todos los días o algún día alguna de las alteraciones recogidas en los ítems del cuestionario. La mayor frecuencia, para las cuatro dimensiones, se encontró en puntuaciones inferiores a la mediana. (Tabla 42)

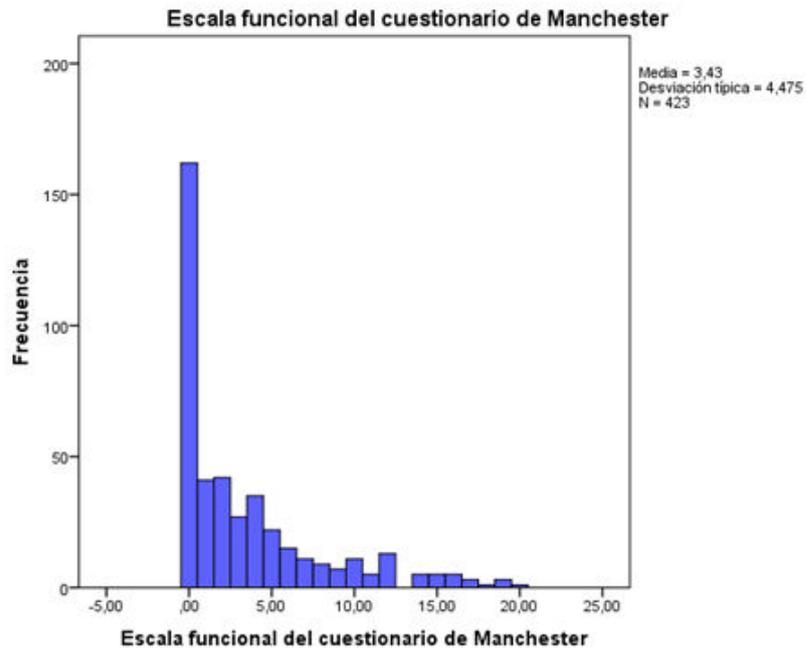


Figura 28. Gráficos de frecuencia de puntuaciones en la dimensión funcional del cuestionario de Manchester

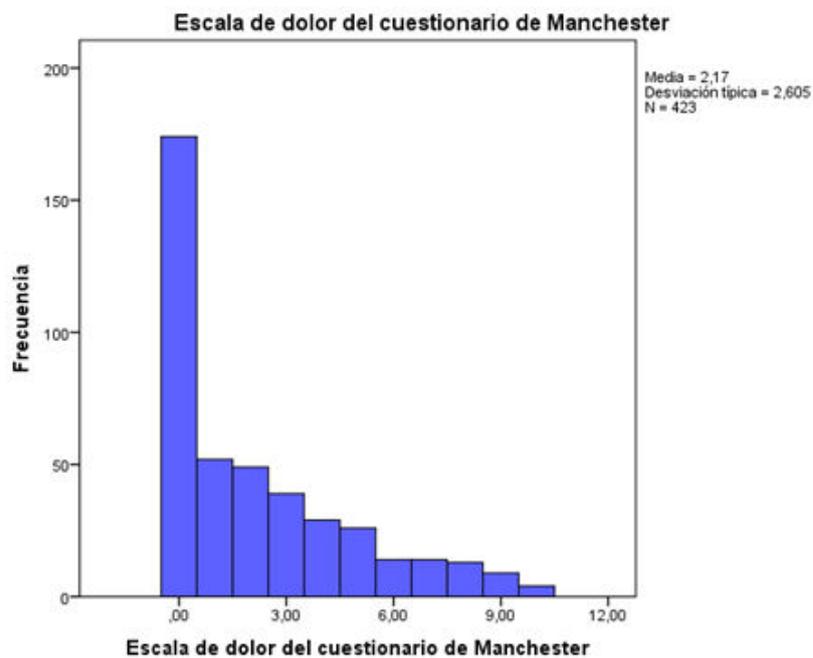


Figura 29. Gráficos de frecuencia de puntuaciones en la dimensión dolor del cuestionario de Manchester

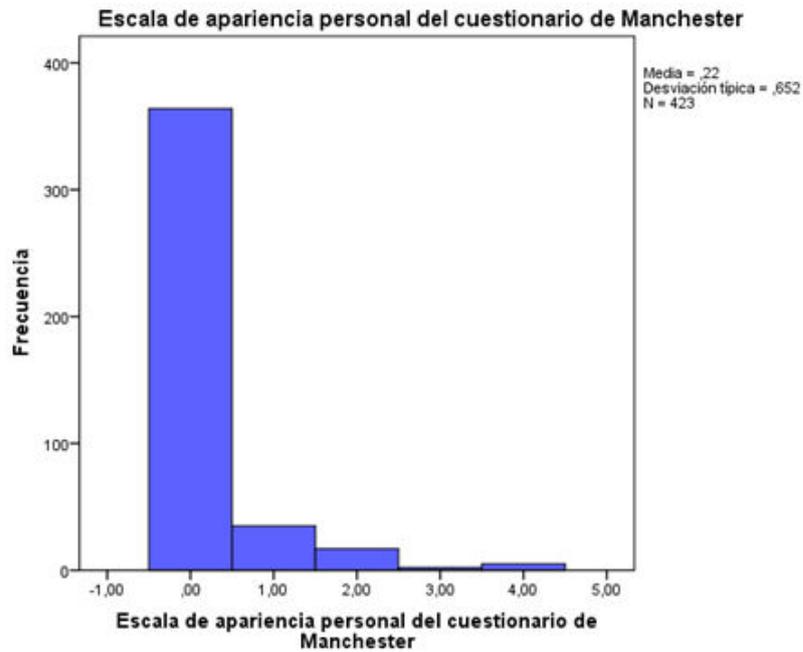


Figura 30. Gráficos de frecuencia de puntuaciones en la dimensión apariencia del cuestionario de Manchester



Figura 31. Gráficos de frecuencia de puntuaciones en la dimensión trabajo del cuestionario de Manchester

Tabla 42. Frecuencia de respuestas al cuestionario de Manchester de dolor y disfunción del pie.

	Ningún día	Algún día	Todos los días	NA
	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)
1 <i>Evito caminar fuera de casa a toda costa</i>	373 (88,2)	33 (7,8)	17 (4)	
2 <i>Evita caminar largas distancias</i>	323 (76,4)	54 (12,8)	46 (10,9)	
3 <i>No camina de forma normal</i>	294 (69,5)	77 (18,2)	52 (12,3)	
4 <i>Camino lentamente</i>	320 (75,7)	59 (13,9)	44 (10,4)	
5 <i>Tengo que parar para descansar los pies</i>	331 (78,3)	66 (15,6)	26 (6,1)	
6 <i>Evito superficies duras o rugosas</i>	279 (66)	69 (16,3)	75 (17,7)	
7 <i>Evito estar de pie largos periodos de tiempo</i>	259 (61,2)	86 (20,3)	78 (18,4)	
8 <i>Utilizo el autobús o el coche con más frecuencia</i>	335 (79,2)	40 (9,5)	48 (11,3)	
9 <i>Necesito ayuda con tareas de casa o con la compra</i>	390 (92,2)	21 (5)	12 (2,8)	
10 <i>Me vuelvo irritable cuando me duelen los pies</i>	299 (70,7)	99 (23,4)	25 (5,9)	
11 <i>Me avergüenzo de mis pies</i>	380 (89,8)	27 (6,4)	16 (3,8)	
12 <i>Me avergüenzo del calzado que tengo que llevar o ponerme</i>	395 (93,4)	20 (4,7)	8 (1,9)	
13 <i>Yo sigo haciendo las cosas pero con más dolor o malestar</i>	244 (57,7)	109 (25,8)	70 (16,5)	
14 <i>Tengo un dolor constante en mis pies</i>	334 (79)	44 (10,4)	45 (10,6)	
15 <i>Mis pies me duelen más por las mañanas</i>	324 (76,6)	68 (16,1)	31 (7,3)	
16 <i>Mis pies me duelen más por las tardes</i>	226 (53,4)	143 (33,8)	54 (12,8)	
17 <i>Tengo dolores punzantes en mis pies</i>	294 (69,5)	102 (24,1)	27 (6,4)	
18 <i>Soy incapaz de realizar el trabajo que solía hacer</i>	342 (80,9)	14 (3,3)	7 (1,7)	60 (14,2)
19 <i>Ya no hago actividades que solía hacer</i>	307 (72,6)	27 (6,4)	25 (5,9)	64 (15,1)

En *dimensión función* se miden los ítems 1 a 10, entre los cuales pudimos observar (Tabla 42) que el ítem que los sujetos de estudio manifestaban tener alterado con menor frecuencia era la necesidad de ayuda con las tareas de casa o la compra, al que el 92,2% de la muestra contestó no necesitarlo ningún día. El ítem en el cual los entrevistados manifestaban mayores alteraciones era en “Evitar estar de pie largos periodos de tiempo” en el cual el porcentaje de respuestas ningún día descendía al 61,2%.

La *dimensión apariencia* evalúa los ítems 11 y 12 en un rango posible de 0-4 puntos. Como se aprecia en los gráficos y tablas las puntuaciones diferentes a 0 son excepcionales en esta dimensión, el 89,8% de la muestra manifiesta no avergonzarse de sus pies ningún día y el 93,4% manifiesta no avergonzarse del calzado.

Las puntuaciones que se obtuvieron de la evaluación de los ítems 13 a 17 pertenecen a la *dimensión dolor*. En ella, el ítem “Tengo un dolor constante en los pies” fue el ítem que obtuvo un mayor porcentaje en ningún día con un 79% de la muestra. El ítem que con mayor frecuencia se encuentra alterado fue “mis pies me duelen más por la tarde”, al cual el porcentaje de sujetos que respondió ningún día desciende al 53,4%.

La *dimensión trabajo*, evalúa los ítems 18 y 19. Esta dimensión posee unos valores particulares, puesto que existe un porcentaje de la muestra al cual no se considera aplicable estos ítems, bien porque no poseían actividad laboral por la edad o bien porque manifestaban no haber realizado nunca actividades físicas.

6.5.1. Puntuaciones obtenidas en el cuestionario de Manchester en función de la variable *sexo*

Se objetivó que existían diferencias en las puntuaciones medias del cuestionario de Manchester entre hombres y mujeres en la dimensión función, apariencia personal y dolor. En la escala trabajo las diferencias entre ambos grupos no fueron estadísticamente significativas (Tabla 43).

En la escala funcional la media en los hombres fue de 2,55 y en las mujeres de 3,95, para  $p=0,001$ . Para la escala de apariencia personal, la puntuación media en el grupo de las mujeres fue de 0,31 y 0,08 en el grupo de hombres con  $p<0,001$ . En la dimensión dolor la diferencia de puntuación media entre el grupo de hombres y mujeres fue de 0,79 puntos con  $p=0,003$ .

Tabla 43 Medias y diferencias en escalas del cuestionario de Manchester según sexo

	Hombre n=157 (37 %)	Mujer n=265 (63 %)	p
	Media $\pm$ DT	Media $\pm$ DT	
<b>Escala funcional</b>	2,55 $\pm$ 4,10	3,95 $\pm$ 4,61	<b>0,001</b>
<b>Escala apariencia personal</b>	0,08 $\pm$ 0,43	0,31 $\pm$ 0,74	<b>&lt;0,001</b>
<b>Escala dolor</b>	1,68 $\pm$ 2,43	2,47 $\pm$ 2,66	<b>0,003</b>
<b>Escala trabajo</b>	14,56 $\pm$ 32,46	15,11 $\pm$ 31,49	0,864

## 6.6. Relación entre las variables antropométricas y posturales del pie, variables morfológicas de la huella y las dimensiones del cuestionario de Manchester.

### 6.6.1. Correlación lineal entre las variables de dimensión de ALI normalizadas, morfología de la huella según AI y posicionamiento del pie según FPI6 en las cuatro dimensiones del cuestionario de Manchester.

Al realizar la prueba de correlación lineal, mediante la rho de Spearman para variables que no siguen una distribución normal, entre las cuatro dimensiones del cuestionario de Manchester y las dimensiones de ALI normalizadas, morfología de la huella plantar según AI y la posición del pie según FPI6, se objetivó que ninguna de las variables en las cuales existen diferencias estadísticamente significativas,  $r$  posee valores mayores de 0,30, negativos ni positivos, que muestren una asociación lineal relevante. (Tabla 44)

En la dimensión función, todas las variables mostraban diferencias estadísticamente significativas, objetivándose que para las medidas de arco normalizadas la relación era negativa, es decir a menor valor de BAI, BAIT O AHI, mayor puntuación en la dimensión función y para AI y FPI6 esa relación era positiva, a mayor valor de AI y/o FPI6 mayor puntuación en la dimensión función, los valores en esta dimensión eran siempre  $\leq 0,25$ .

En la dimensión apariencia personal únicamente aparecían valores de  $p$  estadísticamente significativos para el pie izquierdo en las dos variables de altura de tubérculo de escafoides normalizadas (BAI Y BAIT), con valores de  $r$  negativos inferiores a 0,15.

En las dimensiones dolor y trabajo, AI y FPI6 mostraban una relación positiva estadísticamente significativa, mientras que BAI y BAIT mostraban relación indirecta con valores de  $r$  menores 0,30 en todas las variables.

Tabla 44. Correlación lineal entre variables de altura normalizada, morfología de la huella plantar, posición del pie y las dimensiones del cuestionario de Manchester.

PIE IZQUIERDO	DIMENSIÓN FUNCIÓN		DIMENSIÓN APARIENCIA		DIMENSIÓN DOLOR		DIMENSIÓN TRABAJO	
	r	p	r	p	r	p	r	p
<b>AHI</b>	-0,16	<b>0,001</b>	-0,65	0,181	-0,10	<b>0,038</b>	-0,06	0,248
<b>BAI</b>	-0,22	<b>&lt;0,001</b>	-0,12	<b>0,014</b>	-0,17	<b>&lt;0,001</b>	-0,16	<b>0,001</b>
<b>BAIT</b>	-0,22	<b>&lt;0,001</b>	-0,11	<b>0,021</b>	-0,16	<b>0,001</b>	-0,16	<b>0,001</b>
<b>AI</b>	0,25	<b>&lt;0,001</b>	0,08	0,109	0,25	<b>&lt;0,001</b>	0,28	<b>&lt;0,001</b>
<b>FPI6</b>	0,20	<b>&lt;0,001</b>	0,05	0,285	0,11	<b>0,026</b>	0,14	<b>0,003</b>
PIE DERECHO	r	p	r	p	r	p	r	p
<b>AHI</b>	-0,12	<b>0,016</b>	-0,65	0,184	-0,05	0,292	-0,02	0,662
<b>BAI</b>	-0,21	<b>&lt;0,001</b>	-0,09	0,066	-0,16	<b>0,001</b>	-0,18	<b>&lt;0,001</b>
<b>BAIT</b>	-0,22	<b>&lt;0,001</b>	-0,09	0,054	-0,16	<b>0,001</b>	-0,18	<b>&lt;0,001</b>
<b>AI</b>	0,22	<b>&lt;0,001</b>	0,06	0,215	0,23	<b>&lt;0,001</b>	0,29	<b>&lt;0,001</b>
<b>FPI6</b>	0,16	<b>0,001</b>	0,01	0,782	0,07	0,167	0,10	<b>0,034</b>

6.6.2. Asociación entre variables antropométricas y posturales del pie, variables morfológicas de la huella y las dimensiones del cuestionario de Manchester. Análisis multivariado.

Utilizando como criterio de diferenciación para establecer grupos, las puntuaciones inferiores y mayores a la mediana obtenidas en las dimensiones del Cuestionario de Manchester (Tabla 41), se realizó el análisis bivariado y multivariado, para conocer la asociación de las variables en estudio y las diferentes dimensiones del cuestionario de Manchester.

## 6.6.2.1. Dimensión función:

Las puntuaciones mayores a la mediana en la dimensión función se asociaron de forma significativa a todas las variables estudiadas con excepción del posicionamiento en supinación en el FPI6 y las huellas de morfología de arco elevado en el AI.

Entre los sujetos que presentaban puntuaciones mayores a la mediana en la dimensión función la media de edad era superior ( $50,74 \pm 19,42$  vs  $39,95 \pm 17,09$ ) con  $OR=1,03$  y había un mayor porcentaje de mujeres que de hombres ( $49,2\%$  vs  $29,9\%$ ) con  $OR=2,27$ . Los sujetos con puntuaciones superiores a la mediana presentaban un IMC medio dos puntos más elevado que los pacientes con puntuaciones inferiores a la mediana, con  $OR=1,08$  (Tabla 45).

Tabla 45 Diferencias entre las puntuaciones menores o mayores a la mediana en la dimensión función y las diferentes variables.

	DIMENSIÓN FUNCIÓN		P	OR (IC95%)
	< Mediana (n=245) Media±DT	> Mediana (n=178) Media±DT		
<b>Edad</b>	39,95 ±17,10	50,74 ±19,42	<0,001	<b>1,03</b> (1,02-1,04)
<b>Sexo</b>			<0,001	
<b>Hombre</b>	110 (70,1)	47 (29,9)		<b>1</b>
<b>Mujer</b>	135 (50,8)	131 (49,2)		<b>2,27</b> (1,50-3,45)
<b>IMC</b>	26,21 ±4,65	28,35±5,69	<0,001	<b>1,08</b> (1,04–1,13)

Las diferencias en las variables en estudio entre grupos de puntuaciones inferiores y mayores a la mediana, reflejadas en las tablas 46 y 47, diferenciando los valores para pie izquierdo y derecho respectivamente.

Se objetivó que las medidas de altura del ALI totales y normalizadas poseen un valor medio menor en ambos pies en el grupo de pacientes que presentaban puntuaciones

mayores a la mediana en la dimensión función. La asociación bivariada mostró valores de OR inferiores a 1, que evidencian que el aumento de la altura del ALI disminuye la probabilidad de pertenecer al grupo con puntuaciones superiores a la mediana en la dimensión función.

En la asociación bivariada de la morfología de la huella plantar según AI y la puntuación de la dimensión función, se objetivó que existe mayor porcentaje de pacientes con arco bajo en el grupo con puntuaciones mayores a la mediana (57,9% pie izquierdo y 52,4% en pie derecho) que en el grupo de pacientes con puntuaciones menores a la mediana (42,1% izquierdo y 47,6% derecho) y que las diferencias fueron estadísticamente significativas entre ambos grupos. El OR =2,493 en pie izquierdo y OR=1,599 en pie derecho, objetivaron en ambos casos que a mayor puntuación de AI mayor probabilidad de presentar puntuaciones mayores a la mediana en la dimensión función.

Las diferencias en los valores medios de FPI6, entre los grupos establecidos, poseían significación estadística en ambos pies y se presentaba una puntuación de FPI6 media mayor en el grupo con puntuaciones superiores a la mediana en la dimensión función que en el grupo que presenta puntuaciones inferiores a la mediana. En el pie Izquierdo 4,29 vs 2,66 y en el pie derecho 4,12 vs 2,72. El valor de OR en ambos pies era superior a 1, así que indicaba que puntuaciones mayores de FPI6 aumentaba la probabilidad de pertenecer al grupo con puntuaciones superiores a la mediana en la dimensión función.

Al realizar las pruebas de asociación con la posición del pie codificada en tres, según FPI6, los porcentajes de pacientes con pies clasificados como pronados en el grupo con puntuaciones superiores a la mediana (55,9% en pie izquierdo y 52,9% en pie derecho) fueron mayores que en el grupo con puntuaciones inferiores a la mediana (44,1% pie izquierdo, 47,1% pie derecho) con diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. El OR= 2,69 en pie izquierdo y OR= 2,13, demostró que las posiciones pronadas incrementaban la probabilidad de pertenecer al grupo con puntuaciones superiores a la mediana. Este resultado se vio reforzado por el análisis de FPI codificado en función de los 5 valores, en el cual se reflejó un incremento de OR en los pacientes con pies muy pronados respecto a los pacientes con pies pronados.

Tabla 46. Diferencias entre las puntuaciones menores o mayores a la mediana en la dimensión función respecto a morfología de la huella plantar y mediciones antropométricas de pie izquierdo

	PIE IZQUIERDO		P	OR (IC95%)
	< mediana	> mediana		
<b>Altura escafoides</b>	4,12± 0,74	3,75 ± 0,78	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,52(0,39–0,68)</b>
<b>BAI</b>	0,16 ± 0,03	0,15 ± 0,03	<b>&lt;0,001</b>	0,00(0,00–0,00)
<b>BAIT.</b>	0,23 ± 0,04	0,21 ± 0,04	<b>&lt;0,001</b>	0,00(0,00-0,01)
<b>Altura dorso 50% longitud</b>	5,89 ± 0,62	5,61 ± 0,60	<b>&lt;0,01</b>	<b>0,47(0,34–0,66)</b>
<b>AHI</b>	0,23 ± 0,02	0,23 ± 0,02	<b>0,003</b>	0,00(0,00–0,01)
<b>AI</b>	0,23 ± 0,06	0,26 ± 0,05	<b>&lt;0,001</b>	-
<b>AI. Recodificado (3)</b>			<b>&lt;0,001</b>	
<b>Normal</b>	105(64,4%)	58(35,6%)		1
<b>Alto</b>	78(68,4%)	36(31,6%)	0,489	0,84(0,50-1,39)
<b>Bajo</b>	61(42,1%)	84(57,9%)	<b>&lt;0,001</b>	<b>2,49(1,57-3,95)</b>
<b>FPI6</b>	2,66±4,45	4,29±4,89	<b>0,001</b>	1,08(1,03–1,13)
<b>FPI6.rec(3)</b>			<b>&lt;0,001</b>	
<b>Normal</b>	119(68%)	56(32%)		1
<b>Pronado</b>	71(44,1%)	90(55,9%)	<b>&lt;0,001</b>	<b>2,69(1,73-4,20)</b>
<b>Supinado</b>	54(62,8%)	32(37,2%)	0,403	1,26(0,73-2,16)
<b>FPI6.rec(5)</b>			<b>&lt;0,001</b>	
<b>Normal</b>	119(68%)	56(32%)		1
<b>Pronado</b>	55(46,6%)	63(53,4%)	<b>&lt;0,001</b>	<b>2,43(1,50-3,94)</b>
<b>Muy pronado</b>	16(37,2%)	27(62,8%)	<b>&lt;0,001</b>	<b>3,59(1,79-7,19)</b>
<b>Supinado</b>	38(62,3%)	23(37,7%)	0,417	1,29(0,70-2,36)
<b>Muy supinado</b>	16(64%)	9(36%)	0,690	1,19(0,50-2,87)

Tabla 47. Diferencias entre las puntuaciones menores o mayores a la mediana en la dimensión función respecto a morfología de la huella plantar y mediciones antropométricas de pie derecho

PIE DERECHO				
	< mediana	> mediana	P	OR (IC95%)
<b>Altura escafoides</b>	4,29 ± 0,77	3,90±0,69	<0,001	0,49(0,37–0,65)
<b>BAI</b>	0,17 ± 0,03	0,16±0,03	<0,001	0,00(0,00–0,00)
<b>BAIT.</b>	0,23±0,04	0,22±0,04	<0,001	0,00(0,00–0,00)
<b>Altura dorso 50% longitud</b>	5,92±0,59	5,64±0,55	<0,001	0,41(0,29–0,59)
<b>AHI</b>	0,24±0,02	0,23±0,02	0,001	0,00(0,00–0,00)
<b>AI</b>	0,23±0,06	0,26±0,05	<b>&lt;0,001</b>	-
<b>AI. Recodificado (3)</b>			<b>&lt;0,001</b>	
<b>Normal</b>	109(59,2%)	75(40,8%)		1
<b>Alto</b>	65(71,4%)	26(28,6%)	0,050	0,58(0,34-0,99)
<b>Bajo</b>	70(47,6%)	77(52,4%)	0,035	<b>1,60</b> (1,03-2,48)
<b>FPI</b>	2,72±4,54	4,12±4,48	0,002	<b>1,07</b> (1,03–1,12)
<b>FPI.rec(3)</b>			0,002	
<b>Normal</b>	123(65,4%)	65(34,6%)		1
<b>Pronado</b>	73(47,1%)	82(52,9%)	<b>0,001</b>	<b>2,13</b> (1,37-3,29)
<b>Supinado</b>	49(61,3%)	31(38,8%)	0,514	1,20(0,70-2,06)
<b>FPI.rec(5)</b>			0,012	
<b>Normal</b>	123(65,4%)	65(34,6)		1
<b>Pronado</b>	58(47,5%)	64(52,5%)	0,002	<b>2,09</b> (1,31-3,33)
<b>Muy pronado</b>	15(45,5%)	18(54,5%)	0,032	<b>2,27</b> (1,07-4,80)
<b>Supinado</b>	33(57,9%)	24(42,1%)	0,301	1,38(0,75-2,52)
<b>Muy supinado</b>	16(69,6%)	7(30,4%)	0,693	0,83(0,32-2,11)

En el modelo de análisis multivariado de regresión logística, ajustando por variables sociodemográficas y mediciones antropométricas del pie que mostraron asociación significativa en el análisis bivariado o se consideran relevantes, Tabla 48, se objetiva que las variables que tienen un efecto independiente asociado a tener valores por encima de la mediana en la dimensión función son la edad (OR= 1,02; p=0,001), ser mujer (O.R =2,62; p<0,001) y los valores de FPI en pronación (O.R = 2,03; p=0,011). No se evidenció efecto independiente ni de IMC, altura de tubérculo de escafoides ni de la morfología de la huella plantar según AI.

*Tabla 48. Modelo de regresión logística para estudiar la puntuación de la dimensión función teniendo en cuenta diferentes variables*

	OR	IC 95%	P
<b>Edad</b>	<b>1,02</b>	<b>1,01-1,04</b>	<b>&lt;0,001</b>
<b>Sexo</b>			
<b>Hombre</b>	1		
<b>Mujer</b>	<b>2,62</b>	1,55-4,44	<b>&lt;0,001</b>
<b>IMC</b>	1,04	0,99-1,09	0,112
<b>Altura tubérculo de escafoides dcho</b>	0,83	0,48-1,45	0,519
<b>Altura tubérculo de escafoides izq</b>	0,99	0,59-1,67	0,964
<b>AI normal ambos pies</b>	1		0,137
<b>Arch index bajo en al menos 1 pie</b>	1,55	0,87-2,76	0,136
<b>Arch index alto en al menos 1 pie</b>	0,89	0,50-1,60	0,710
<b>FPI6 total</b>	1		0,027
<b>FPI6 pronado-bajo</b>	<b>1,98</b>	<b>1,17-3,37</b>	<b>0,011</b>
<b>FPI6 supinado-alto</b>	1,62	0,88-3,01	0,124

## 6.6.2.2. Dimensión apariencia:

En la dimensión apariencia las puntuaciones superiores a la mediana se asociaban de forma estadísticamente significativa a la edad y el sexo y no se asociaban de forma significativa al IMC. (Tabla 49). Ser mujer se reveló como un factor determinante para alcanzar puntuaciones mayores a la mediana (OR=6,26;  $p<0,001$ ). Entre los hombres un 3,8% obtuvieron en la dimensión una puntuación superior a la mediana, frente a un 19,9% de las mujeres.

Tabla 49. Diferencias entre las puntuaciones menores o mayores a la mediana en la dimensión apariencia y las diferentes variables

	DIMENSIÓN APARIENCIA		P	OR (IC95%)
	< Mediana (n=364) Media±DT	> Mediana (n=59) Media±DT		
<b>Edad</b>	43,75±18,89	49,05±18,14	<b>0,046</b>	<b>1,01</b> (1,00–1,03)
<b>Sexo</b>			<b>&lt;0,001</b>	
<b>Hombre</b>	151(96,2%)	6 (3,8%)		1
<b>Mujer</b>	213 (80,1%)	53 (19,9%)		<b>6,26</b> (2,63–14,94)
<b>IMC</b>	27,03±5,19	27,62±5,42	0,425	1,02(0,97–1,07)

Se objetivó, con valores de significación estadística, que existía una disminución de los valores medios de altura de ALI y altura de ALI normalizados en el grupo con puntuaciones superiores a la mediana en la dimensión apariencia, con excepción de la variable AHÍ en pie derecho, en la cual la diferencia entre grupos no alcanzaba la significación estadística. Los OR nos mostraron en pie derecho e izquierdo valores inferiores a 1 que deben de interpretarse como que los aumentos de los valores de altura disminuyen la probabilidad de pertenecer al grupo que obtiene puntuaciones superiores a la mediana en la dimensión apariencia. (Tabla 50 y 51).

Al analizar la morfología de la huella plantar según AI no se evidenciaron diferencias con significación estadística entre grupos con puntuaciones superiores e inferiores a la mediana, ni en pie izquierdo ni pie derecho.

El valor global de FPI6 y la codificación en normal, pronado y supinado no se mostraron como factores diferenciadores entre los grupos de puntuación inferior y mayor a la mediana en la dimensión apariencia. Cuando se analizó la asociación de la postura del pie según FPI6 codificada en 5 valores, en el pie izquierdo se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en los valores muy pronados con  $OR=2,32$  y  $p=0,036$ . Esta diferencia no existió en el pie derecho.

Tabla 50. Diferencias entre las puntuaciones menores o mayores a la mediana en la dimensión apariencia y respecto a morfología de la huella plantar y mediciones antropométricas de pie izquierdo

	PIE IZQUIERDO		P	OR (IC95%)
	< mediana	> mediana		
<b>Altura escafoides</b>	4,02 ± 0,76	3,62 ± 0,83	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,50(0,34–0,73)</b>
<b>BAI</b>	0,16 ± 0,03	0,15 ± 0,03	<b>0,003</b>	<b>0,00(0,00–0,01)</b>
<b>BAIT.</b>	0,22 ± 0,04	0,05 ± 0,01	<b>0,005</b>	<b>0,00(0,00–0,06)</b>
<b>Altura dorso 50% longitud</b>	5,81 ± 0,62	5,51 ± 0,59	<b>0,001</b>	<b>0,43(0,27–0,70)</b>
<b>AHI</b>	0,23 ± 0,02	0,23 ± 0,02	<b>0,030</b>	<b>0,00(0,00–0,25)</b>
<b>AI</b>	0,24 ± 0,06	0,25 ± 0,06	0,143	43,50(0,28–6817)
<b>AI. Recodificado (3)</b>			0,385	
<b>Normal</b>	140(85,9%)	23 (14,1%)		1
<b>Alto</b>	102(85,9%)	12 (10,5%)	0,378	0,72 (0,34-1,51)
<b>Bajo</b>	121(83,4%)	24 (16,6%)	0,552	1,21(0,65-2,25)
<b>FPI6</b>	3,25± 4,63	3,92± 5,13	0,317	1,03(0,97–1,09)
<b>FPI6.rec(5)</b>			0,083	
<b>Normal</b>	150(85,7%)	25 (14,3%)		1
<b>Pronado</b>	106(89,8%)	12 (10,2%)	0,300	0,68(0,33-1,41)
<b>Muy pronado</b>	31 (72,1%)	12 (27,9%)	<b>0,036</b>	<b>2,32(1,05-5,11)</b>
<b>Supinado</b>	54 (88,5%)	7 (11,5%)	0,582	0,78(0,32-1,90)
<b>Muy supinado</b>	22 (88%)	3 (12%)	0,758	0,82(0,23-2,94)
<b>FPI6.rec(3)</b>			0,770	
<b>Normal</b>	150(85,7%)	25 (14,3%)		1
<b>Pronado</b>	137(85,1%)	24 (14,9%)	0,872	1,05(0,57-1,93)
<b>Supinado</b>	76(88,4%)	10 (11,6%)	0,554	0,79(0,36-1,73)

Tabla 51 Diferencias entre las puntuaciones menores o mayores a la mediana en la dimensión apariencia respecto a morfología de la huella plantar y mediciones antropométricas de pie derecho

	PIE DERECHO		P	OR (IC95%)
	< mediana	> mediana		
<b>Altura escafoides</b>	4,17 ± 0,75	3,85 ± 0,76	<b>0,003</b>	<b>0,56(0,38–0,82)</b>
<b>BAI</b>	0,17 ± 0,03	0,16 ± 0,03	<b>0,028</b>	<b>0,00(0,00–0,31)</b>
<b>BAIT.</b>	0,23 ± 0,04	0,22 ± 0,04	<b>0,026</b>	<b>0,00(0,00–0,39)</b>
<b>Altura dorso 50% longitud</b>	5,84 ± 0,59	5,58 ± 0,49	<b>0,002</b>	<b>0,44(0,267–0,741)</b>
<b>AHI</b>	0,23 ± 0,19	0,23 ± 0,02	0,110	0,00(0,00–14,24)
<b>AI</b>	0,24 ± 0,06	0,25 ± 0,06	0,355	10,95(0,07–1742,1)
<b>AI. Recodificado (3)</b>			0,411	
<b>Normal</b>	162(88%)	22(12%)		1
<b>Alto</b>	79(86,8%)	12(13,2%)	0,771	1,12(0,53–2,37)
<b>Bajo</b>	122(83%)	25(17%)	0,193	1,51(0,81–2,80)
<b>FPI6</b>	3,28±4,57	3,49±4,54	0,744	1,01(0,95–1,07)
<b>FPI6.rec(5)</b>			0,937	
<b>Normal</b>	161(85,6%)	24(14,4%)		1
<b>Pronado</b>	107(87,7%)	15(12,3%)	0,604	0,84(0,42–1,64)
<b>Muy pronado</b>	27(81,8%)	6(18,2%)	0,571	1,32(0,50–3,51)
<b>Supinado</b>	49(86%)	8(14%)	0,951	0,95(0,42–2,28)
<b>Muy supinado</b>	20(87%)	3(13%)	0,864	0,89(0,25–3,22)
<b>FPI6.rec(3)</b>			0,975	
<b>Normal</b>	161(85,6%)	27(14,4%)		1
<b>Pronados</b>	134(86,5%)	21(13,5%)	0,829	0,93(0,50–1,73)
<b>Supinados</b>	69(86,3%)	11(13,8 %)	0,895	0,95(0,45–2,02)

En el modelo de análisis multivariado de regresión logística, Tabla 52, el sexo era la única variable que poseía significación estadística. Ser mujer, supone un factor con efecto independiente a tener valores mayores a la mediana en la dimensión apariencia (OR=6,60;  $p < 0,001$ ). La edad, el IMC, la postura, la morfología de la huella plantar y las alturas de tubérculo de escafoides no son variables con efecto independiente.

Tabla 52. Modelo de regresión logística para estudiar la puntuación de la dimensión apariencia, teniendo en cuenta diferentes variables

	OR	IC 95%	P
<b>Edad</b>	1,01	0,99-1,03	0,172
<b>Sexo</b>			<b>0,000</b>
<b>Hombre</b>	1		
<b>Mujer</b>	<b>6,60</b>	<b>2,42-18,01</b>	
<b>IMC</b>	0,99	0,93-1,06	0,796
<b>Altura tubérculo de escafoides dcho</b>	1,21	0,58-2,53	0,611
<b>Altura tubérculo de escafoides izq</b>	0,53	0,26-1,09	0,086
<b>AI</b>			0,276
<b>Arch index bajo</b>	0,95	0,44-2,07	0,903
<b>Arch index alto</b>	0,54	0,24-1,22	0,137
<b>FPI6 total</b>			0,355
<b>FPI6 Pronado</b>	0,61	0,29-1,28	0,190
<b>FPI6 supinado</b>	1,13	0,48-2,67	0,771

## 6.6.2.3. Dimensión dolor:

En la dimensión dolor, pertenecer al grupo con puntuación superior a la mediana, se asoció de forma significativa a la edad, el sexo y el IMC (Tabla 53).

El grupo con puntuaciones superiores a la mediana presentó una media de edad 8,88 años superior con OR=1,03 y  $p<0,001$ . Ser mujer supuso un factor de riesgo para obtener puntuaciones superiores a la mediana, encontramos en este grupo un 52,6% de las mujeres frente a un 36,3% de los hombres (OR=1,95 para  $p=0,001$ ). La media de IMC se incrementó 1,91 puntos en el grupo con puntuaciones superiores a la mediana (OR=1,075  $p<0,001$ ).

*Tabla 53. Diferencias entre las puntuaciones menores o mayores a la mediana en la dimensión dolor y las diferentes variables*

	DIMENSIÓN DOLOR		P	OR (IC95%)
	< Mediana (n=226) Media±DT	> Mediana (n=197) Media±DT		
<b>Edad</b>	40,35±17,76	49,23±19,01	<b>&lt;0,001</b>	<b>1,03(1,01–1,04)</b>
<b>Sexo</b>			<b>0,001</b>	
<b>Hombre</b>	100(63,7%)	57(36,3%)		<b>1</b>
<b>Mujer</b>	126(47,4%)	140(52,6%)		<b>1,95(1,30-2,92)</b>
<b>IMC</b>	26,22±4,77	28,13±5,52	<b>&lt;0,001</b>	<b>1,075(1,03 – 1,12)</b>

Las diferencias entre grupos con puntuaciones superiores e inferiores a la mediana fueron estadísticamente significativas para las alturas de tubérculo de escafoides total y normalizadas en ambos pies, evidenciándose una disminución de los valores de altura total y de las alturas normalizadas en el grupo con puntuaciones superiores a la mediana, con valores de OR <1 que mostraron que la disminución de altura de tubérculo de escafoides supone un incremento de la probabilidad de pertenecer al grupo con valores superiores a la mediana en la dimensión dolor. (Tabla 54 y 55). La altura total de dorso al 50% de la longitud mostro una asociación significativa con la puntuación inferior o superior a la mediana en la dimensión dolor, con valores de OR<1; la medición normalizada de esta altura no mostró significación estadística.

Se objetivó con significación estadística, que el valor medio de AI era 0,02 puntos superior en el grupo con puntuaciones superiores a la mediana. El análisis de la variable codificada nos reveló que el porcentaje de pacientes con huellas con morfología de arco bajo (AI<0,21) era superior en el grupo con puntuaciones superiores a la mediana en la dimensión dolor, con OR=2,34 en pie izquierdo y OR=2,10 en pie derecho.

En el valor total de FPI6 no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de análisis en la dimensión dolor. Existían diferencias solo en el pie izquierdo, resultados que se muestran en la Tabla 54, en los valores pronados y muy pronados con OR=1,64 y OR=2,13 para  $p<0,05$  en ambos casos.

Tabla 54. Diferencias entre valores menores o mayores a la mediana en la dimensión dolor respecto a morfología de la huella plantar y mediciones antropométricas de pie izquierdo

	PIE IZQUIERDO		P	OR (IC95%)
	< mediana	> mediana		
<b>Altura tubérculo escafoides</b>	4,07 ± 0,75	3,84 ± 0,80	<b>0,002</b>	<b>0,67(0,52–0,87)</b>
<b>BAI</b>	0,16 ± 0,03	0,15 ± 0,03	<b>0,009</b>	<b>0,00(0,00–0,12)</b>
<b>BAIT.</b>	0,22 ± 0,04	0,21 ± 0,04	<b>0,013</b>	<b>0,00(0,00–0,29)</b>
<b>Altura dorso 50% longitud</b>	5,84 ± 0,60	5,69 ± 0,65	<b>0,017</b>	<b>0,68(0,50–0,93)</b>
<b>AHI</b>	0,23 ± 0,02	0,23 ± 0,02	0,092	0,00(0,00–3,54)
<b>AI</b>	0,23 ± 0,06	0,25 ± 0,05	<b>&lt;0,001</b>	
<b>AI. Recodificado (3)</b>			<b>&lt;0,001</b>	
<b>Normal</b>	97(59,5%)	66(40,5%)		1
<b>Alto</b>	72(63,2%)	42(36,8%)	0,540	0,86(0,52–1,40)
<b>Bajo</b>	56(38,6%)	89(61,4%)	<b>&lt;0,001</b>	<b>2,34(1,48–3,69)</b>
<b>FPI6</b>	3,05±4,46	3,69±4,96	0,166	<b>1,03(0,99–1,07)</b>
<b>FPI6.rec(5)</b>			0,108	
<b>Normal</b>	106(60,6%)	69(39,4%)		1
<b>Pronado</b>	57(48,3%)	61(51,7%)	<b>0,039</b>	1,64(1,03–2,63)
<b>Muy pronado</b>	18(41,9%)	25(58,1%)	<b>0,028</b>	2,13(1,08–4,20)
<b>Supinado</b>	30(49,2%)	31(50,8%)	0,122	1,76 (0,883–2,853)
<b>Muy supinado</b>	14(56%)	11(44%)	0,663	1,21(0,52–2,81)
<b>FPI6.rec(3)</b>			<b>0,034</b>	
<b>Normal</b>	106(60,6%)	69(39,4%)		1
<b>Pronados</b>	75(46,6%)	86(53,4%)	<b>0,010</b>	<b>1,76(1,14–2,72)</b>
<b>Supinados</b>	44(51,2%)	42(48,8%)	0,149	<b>1,47(0,87–2,47)</b>

Tabla 55. Diferencias entre valores menores o mayores a la mediana en la dimensión dolor respecto a morfología de la huella plantar y mediciones antropométricas de pie derecho

	PIE DERECHO		P	OR (IC95%)
	< mediana	> mediana		
<b>Altura tubérculo escafoides</b>	4,23±0,78	4,01±0,73	<b>0,004</b>	<b>0,68(0,52-0,88)</b>
<b>BAI</b>	0,17±0,03	0,16±0,03	<b>0,020</b>	<b>0,00(0,00-0,28)</b>
<b>BAIT</b>	0,23±0,04	0,22±0,04	<b>0,017</b>	<b>0,00(0,00-0,35)</b>
<b>Altura dorso 50% longitud</b>	5,87±0,58	5,73±0,58	<b>0,016</b>	<b>0,66(0,48-0,93)</b>
<b>AHI</b>	0,23±0,02	0,23±0,02	0,200	0,00(0,00-29,74)
<b>AI</b>	0,23±0,06	0,25±0,05	<b>&lt;0,001</b>	
<b>AI. Recodificado (3)</b>			<b>&lt;0,001</b>	
	<b>Normal</b>	110(59,8%)	74(40,2%)	1
	<b>Alto</b>	54(59,3%)	37(40,7%)	0,944
	<b>Bajo</b>	61(41,5%)	86(58,5%)	<b>0,001</b>
<b>FPI</b>		3,11±4,55	3,69±4,96	0,331
<b>FPI.rec(5)</b>			0,329	
	<b>Normal</b>	109(58%)	79(42%)	1
	<b>Pronado</b>	58(47,5%)	64(52,5%)	0,072
	<b>Muy pronado</b>	18(54,5%)	15(45,5%)	0,713
	<b>Supinado</b>	27(47,4%)	30(52,6%)	0,159
	<b>Muy supinado</b>	14(60,9%)	9(39,1%)	0,791
<b>FPI.rec(3)</b>			0,233	
	<b>Normal</b>	109(58%)	79(42%)	1
	<b>Pronados</b>	76(49%)	79(51%)	0,093
	<b>Supinados</b>	42(51,2%)	39(48,8%)	0,310

En el modelo de regresión logística, Tabla 56, pudimos observar cómo ser mujer poseía valor independiente en el aumento de las puntuaciones de la dimensión dolor (OR=2,50;  $p<0,001$ ); Así mismo también mostraron ese efecto independiente la morfología de huella plantar Arch index bajo (OR=2,10;  $p=0,009$ ); y la edad (OR=1,02;  $p<0,001$ ). No tenían efecto independiente IMC, altura de tubérculo de escafoides ni FPI6.

Tabla 56. Modelo de regresión logística para estudiar la puntuación de la dimensión dolor, teniendo en cuenta diferentes variables

	OR	IC 95%	P
<b>Edad</b>	<b>1,02</b>	<b>1,01-1,03</b>	<b>0,002</b>
<b>Sexo</b>			
<b>Hombre</b>	1		
<b>Mujer</b>	<b>2,52</b>	<b>1,52-4,19</b>	<b>&lt;0,001</b>
<b>IMC</b>	1,03	0,98-1,08	0,212
<b>Altura tubérculo de escafoides dcho.</b>	1,17	0,69-1,97	0,552
<b>Altura tubérculo de escafoides izq.</b>	0,89	0,54-1,47	0,657
<b>AI normal ambos pies</b>	1		<b>0,011</b>
<b>AI bajo</b>	<b>2,10</b>	<b>1,21-3,67</b>	<b>0,009</b>
<b>AI elevado</b>	1,02	0,58-1,77	0,952
<b>FPI6 total</b>	1		0,424
<b>FPI6 pronado</b>	1,20	0,77-2,00	0,477
<b>FPI6 supinado</b>	1,45	0,81-2,61	0,212

## 6.6.2.4. Dimensión trabajo

En la dimensión trabajo, se objetivó con valores estadísticamente significativos, que el valor medio de IMC fue 3,54 puntos superior en el grupo con puntuaciones mayores a la mediana (OR=1,14;  $p<0,001$ ). Respecto a la edad, la edad media del grupo con puntuaciones superiores a la mediana era 19,85 años más que en el grupo con puntuaciones inferiores a la mediana (OR=1,07;  $p<0,001$ ). El sexo no se mostró como valor asociado a las puntuaciones elevadas en la dimensión. (Tabla 57)

Tabla 57. Diferencias entre valores menores o mayores a la mediana en la dimensión trabajo y las diferentes variables.

DIMENSIÓN TRABAJO				
	< Mediana (n=292) Media ± DT	> Mediana (n=131) Media ± DT	P	OR (IC95%)
<b>Edad</b>	38,34 ± 15,73	58,19 ± 18,07	<b>&lt;0,001</b>	<b>1,07</b> (1,05–1,08)
<b>Sexo</b>			0,892	
<b>Hombre</b>	109 (69,4 %)	48 (30,6 %)		<b>1</b>
<b>Mujer</b>	183 (68,8 %)	83 (31,2 %)		<b>1,030</b> (0,67 - 1,58)
<b>IMC</b>	26,01±4,73	29,55±5,45	<b>&lt;0,001</b>	<b>1,14</b> (1,09–1,19)

Las alturas de tubérculo de escafoides total y normalizadas se revelaron como valores asociados a las puntuaciones elevadas en la dimensión trabajo en pie izquierdo y pie derecho, resultados que se muestran en las Tablas 58 y 59, percibiéndose una disminución de la altura total y normalizadas en el grupo con puntuaciones superiores a la mediana respecto al grupo con puntuaciones inferiores a la mediana; los valores de  $OR < 1$  para  $p < 0,05$  nos mostraron que la disminución de la altura de tubérculo de escafoides aumentaba la probabilidad de pertenecer al grupo con puntuaciones superiores a la mediana.

El valor medio AI aumentó en el grupo que posee puntuaciones superiores a la mediana en pie izquierdo (0,23 vs 0,26;  $p < 0,001$ ) y en pie derecho (0,24 vs 0,26;  $p < 0,001$ ). El análisis de la variable codificada evidenció en ambos pies que los valores de AI de arco bajo suponían un factor de riesgo para obtener puntuaciones superiores en la dimensión trabajo, en pie izquierdo ( $OR = 2,72$ ;  $p < 0,001$ ) y en pie derecho ( $OR = 2,51$ ;  $p < 0,001$ ).

Los valores medios de FPI6 son mayores en el grupo con puntuaciones superiores a la mediana. La codificación de la variable nos muestra que en los valores pronados ( $OR = 2,08$ ;  $p = 0,005$ ) y muy pronados ( $OR = 2,93$ ;  $p = 0,002$ ) se evidencian diferencias estadísticamente significativas en el pie izquierdo y en pie derecho, pronados ( $OR = 2,06$ ;  $p < 0,001$ ) y muy pronados ( $OR = 1,82$ ;  $p = 0,036$ ).

Tabla 58. Diferencias entre valores menores o mayores a la mediana en la dimensión trabajo respecto a morfología de la huella plantar y mediciones antropométricas de pie izquierdo

PIE IZQUIERDO				
	< mediana	> mediana	P	OR (IC95%)
<b>Altura tubérculo escafoides</b>	4,03 ± 0,70	3,82 ± 0,92	<b>0,012</b>	<b>0,71(0,54–0,93)</b>
<b>BAI</b>	0,16 ± 0,03	0,15 ± 0,03	<b>0,010</b>	<b>0,00(0,00–0,11)</b>
<b>BAIT.</b>	0,22 ± 0,04	0,21 ± 0,05	<b>0,008</b>	<b>0,00(0,00–0,16)</b>
<b>Altura dorso 50% longitud</b>	5,79 ± 0,60	5,74 ± 0,69	0,488	0,89(0,64–1,24)
<b>AHI</b>	0,23 ± 0,02	0,23 ± 0,025	0,567	0,06(0,00–886,73)
<b>AI</b>	0,23 ± 0,06	0,26 ± 0,06	<0,001	
<b>AI. Recodificado (3)</b>			<b>&lt;0,001</b>	
<b>Normal</b>	105(64,4%)	58(35,6%)		1
<b>Alto</b>	91(79,8%)	23(20,2%)	0,394	0,78(0,43–1,39)
<b>Bajo</b>	77(53,1%)	68(46,9%)	<b>&lt;0,001</b>	<b>2,72(1,67–4,40)</b>
<b>FPI6</b>	2,99±4,46	3,41±5,14	<b>0,021</b>	<b>1,05(1,01–1,10)</b>
<b>FPI6.rec(5)</b>			<b>0,010</b>	
<b>Normal</b>	135(77,1%)	40(22,9%)		1
<b>Pronado</b>	73(61,9%)	45(38,1%)	<b>0,005</b>	<b>2,08(1,25–3,47)</b>
<b>Muy pronado</b>	23(53,5%)	20(46,5%)	<b>0,002</b>	<b>2,93(1,46–5,88)</b>
<b>Supinado</b>	44(72,1%)	17(27,9%)	0,432	1,30(0,67–2,53)
<b>Muy supinado</b>	16(64%)	9(36%)	0,158	1,90(0,78–4,62)
<b>FPI6.rec(3)</b>			0,770	
<b>Normal</b>	135(77,1%)	40(22,9%)		1
<b>Pronados</b>	96(59,6%)	65(40,4%)	0,872	1,05(0,57–1,93)
<b>Supinados</b>	60(69,8%)	26(30,2%)	0,554	0,79(0,36–1,73)

Tabla 59. Diferencias entre valores menores o mayores a la mediana en la dimensión trabajo respecto a morfología de la huella plantar y mediciones antropométricas de pie derecho

	PIE DERECHO		P	OR (IC95%)
	< mediana	> mediana		
<b>Altura tubérculo escafoides</b>	4,21 ± 0,70	3,94 ± 0,86	0,001	<b>0,63</b> (0,47–0,83)
<b>BAI</b>	0,17 ± 0,03	0,16 ± 0,03	0,001	<b>0,00</b> (0,00–0,01)
<b>BAIT.</b>	0,23 ± 0,04	0,22 ± 0,05	0,001	<b>0,00</b> (0,00–0,02)
<b>Altura dorso 50% longitud</b>	5,81 ± 0,57	5,78 ± 0,62	0,550	0,89(0,63–1,28)
<b>AHI</b>	0,23 ± 0,02	0,23 ± 0,02	0,836	0,33(0,00–11999,)
<b>AI</b>	0,24 ± 0,06	0,26 ± 0,06	<0,001	
<b>AI. Recodificado (3)</b>			<b>&lt;0,001</b>	
<b>Normal</b>	138(75%)	46(25%)		1
<b>Alto</b>	73(80,2%)	18(19,8%)	0,336	0,740(0,400–1,367)
<b>Bajo</b>	80(54,4%)	67(45,6%)	<b>&lt;0,001</b>	2,512(1,577–4,002)
<b>FPI6</b>	3,09±4,44	3,81±4,79	0,134	1,04(0,99–1,08)
<b>FPI6.rec(5)</b>			0,052	
<b>Normal</b>	143(76,1%)	45(23,9%)		1
<b>Pronado</b>	74(60,7%)	48(39,3%)	<b>&lt;0,004</b>	<b>2,06</b> (1,26–3,38)
<b>Muy pronado</b>	21(63,6%)	12(36,4%)	0,036	1,82(0,83–3,98)
<b>Supinado</b>	37(64,9%)	20(35,1%)	0,097	1,72(0,91–3,25)
<b>Muy supinado</b>	17(73,9%)	6(26,1%)	0,820	1,12(0,42–3,02)
<b>FPI6.rec(3)</b>			<b>0,013</b>	
<b>Normal</b>	143(76,1%)	45(23,9%)		1
<b>Pronados</b>	95(61,3%)	60(38,7%)	<b>&lt;0,003</b>	<b>2,01</b> (1,26–3,19)
<b>Supinados</b>	54(67,5%)	26(32,5%)	0,147	1,53(0,86–2,72)

En el modelo de regresión logística, cuyos resultados se reflejan en la tabla 60, se mostraron como variables independientes la edad (OR=1,02;  $p<0,001$ ) y los valores de FPI6 pronado (OR=1,98;  $p=0,011$ ).

*Tabla 60. Modelo de regresión logística para estudiar la puntuación de la dimensión trabajo, teniendo en cuenta diferentes variables.*

	OR	IC 95%	P
<b>Edad</b>	<b>1,02</b>	<b>1,01-1,04</b>	<b>&lt;0,001</b>
<b>Sexo</b>			
<b>Hombre</b>	1		
<b>Mujer</b>	<b>2,62</b>	<b>1,55-2,62</b>	<b>&lt;0,001</b>
<b>IMC</b>	1,04	0,99-1,10	0,112
<b>Altura tubérculo de escafoides dcho</b>	0,83	0,48-1,44	0,416
<b>Altura tubérculo de escafoides izq</b>	0,99	0,59-1,66	0,964
<b>AI normal ambos pies</b>	1		0,137
<b>AI bajo</b>	1,550	0,87-2,76	0,136
<b>AI alto</b>	0,895	0,50-1,60	0,710
<b>FPI6 total</b>	1		0,027
<b>FPI6 pronado</b>	<b>1,98</b>	<b>1,17-3,37</b>	<b>0,011</b>
<b>FPI6 supinado</b>	1,62	0,88-3,01	0,067

En resumen, se puede expresar que, respecto al análisis de evaluación de riesgos de obtener puntuaciones mayores a la mediana en las diferentes dimensiones, el análisis multivariado presentó que distintas variables podían mostrarse como factores de riesgo en cada una de las dimensiones del cuestionario. El sexo y la edad se comportaron como factores de influencia independiente 3 de las 4 dimensiones del cuestionario. Así, en la dimensión función la edad (OR= 1,02; p=0,001), ser mujer (O.R =2,62; p<0,001) y los valores de FPI en pronación (O.R = 2,03; p=0,011) se mostraron como factores de efecto independientes. En la dimensión apariencia únicamente la variable sexo, ser mujer (OR=6,60; p<0,001), se mostró como factor de riesgo para las puntuaciones mayores a la mediana. La variable ser mujer (OR=2,50; p<0,001), junto con la edad (OR=1,02; p<0,001) y la morfología de la huella plantar con AI bajo (OR=2,10; p=0,009) se revelaron como factores de riesgo independientes en la dimensión dolor y en la dimensión trabajo la edad (OR=1,02; p<0,001), ser mujer (OR= 2,62; p<0,001) y FPI6 pronado (OR=1,98; p=0,011) se revelaron con ese mismo comportamiento.

## 6.7. Resultados de las pruebas de fiabilidad de las mediciones antropométricas normalizadas

### 6.7.1. Características de la muestra en las pruebas de fiabilidad

Para hallar la concordancia se seleccionó una muestra de 61 sujetos de estudio, total de 122 pies, lo cual permitió estimar la diferencia media inter e intraobservador en cada una de las mediciones realizadas con una seguridad del 95% y una precisión de  $\pm 0,35$ . Las características de la población sobre la que se realizaron las pruebas de fiabilidad se presentan en la tabla 61.

Tabla 61. Análisis descriptivo de las características generales de la población seleccionada para las pruebas de concordancia

	n (%)	Media $\pm$ DT	Mediana	Rango
<b>Edad</b>	61	23,4 $\pm$ 3,3	23	20-36
<b>Sexo</b>				
<b>Mujer</b>	48(78,7 %)			
<b>Hombre</b>	13(21,3 %)			
<b>Peso (Kgs)</b>	61	66,7 $\pm$ 13,3	64	47,2-117
<b>Talla (cms)</b>	61	166,6 $\pm$ 8,9	166	151-187
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>	61	23,8 $\pm$ 3,05	23,1	19,7-33,8

### 6.7.2. Fiabilidad Intra-observador

Los resultados del análisis de fiabilidad intraobservador, sobre una muestra de 122 pies, de las medidas de dimensión normalizadas del ALI, presentando la diferencia media entre ambas mediciones del mismo observador y el ICC (95%) se presentan en la tabla 62 y la representación gráfica en los gráficos de Bland-Altman en las figuras 32, 33 y 34.

Tabla 62. Concordancia Intraobservador para las medidas de arco normalizadas.

	Medición1 Media $\pm$ DT	Medición 2 Media $\pm$ DT	Diferencia Media (95% IC)	ICC (95%)
<b>BAI</b>	0,158 $\pm$ 0,020	0,157 $\pm$ 0,021	0,0058 (0,0050;0,0065)	0.9217 (0.8899-0.9446)
<b>AHI</b>	0,232 $\pm$ 0,014	0,234 $\pm$ 0,015	0,0049 (0,004; 0,0057)	0.8687 (0.8175-0.9063)
<b>BAIT</b>	0,214 $\pm$ 0,028	0,215 $\pm$ 0,029	0,0079 (0,0069; 0,0089)	0.9409 (0.9167-0.9583)

	Valor	IC (95,0%)	
Media de las diferencias	0,0009	-0,0005	0,0023
DE de las diferencias	0,0080		
Media-1,96DE*	-0,0148	-0,0173	-0,0124
Media+1,96DE*	0,0166	0,0142	0,0191

\*DE: desviación estándar

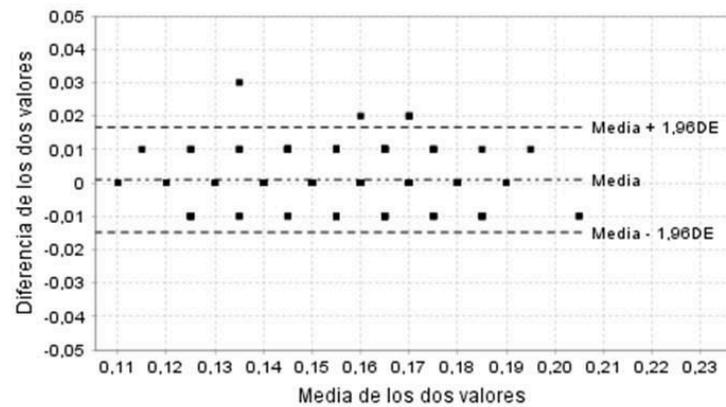


Figura 32. Concordancia Intraobservador para la evaluación de BAI. Metodología de Bland-Altman.

	Valor	IC (95,0%)	
Media de las dferencias	-0,0002	-0,0019	0,0016
DE de las dferencias	0,0098		
Media-1,96DE*	-0,0194	-0,0224	-0,0164
Media+1,96DE*	0,0190	0,0160	0,0220

\*DE: desviación estándar

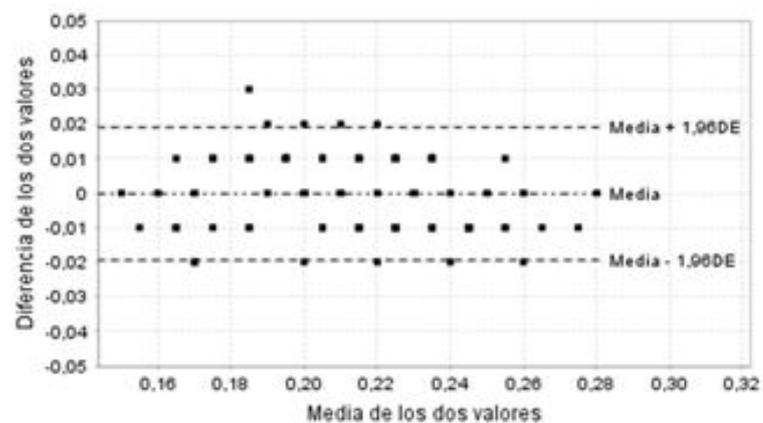


Figura 33. Concordancia Intraobservador para la evaluación de BAIT. Metodología de Bland-Altman.

	Valor	IC (95,0%)	
Media de las diferencias	-0,0011	-0,0025	0,0002
DE de las diferencias	0,0075		
Media-1,96DE*	-0,0159	-0,0182	-0,0136
Media+1,96DE*	0,0136	0,0113	0,0159

\*DE: desviación estándar

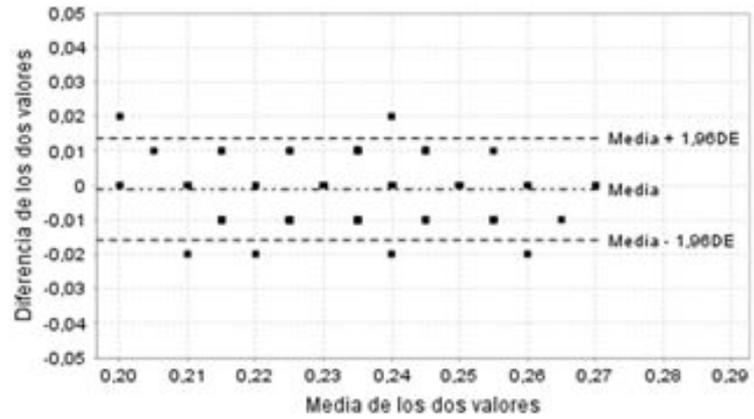


Figura 34. Concordancia Intraobservador para la evaluación de AHI . Metodología de Bland-Altman.

### 6.7.3. Fiabilidad Interobservador

Los resultados de análisis de las medidas de dimensión de ALI normalizadas presentando la diferencia media entre ambas mediciones del mismo observador y el ICC (95%) se presentan en la tabla 63 y la representación gráfica en los gráficos de Bland-Altman en las figuras 35, 36 y 37.

Tabla 63. Concordancia Interobservador para la evaluación de las medidas de arco normalizadas

	Observador 1	Observador 2	Diferencia	ICC (95%)
	Media±DT	Media±DT	Media (95% IC)	
<b>BAI</b>	0,158 ± 0,020	0.163± 0.024	0.0122 (0.0107-0.0137)	0.7822 (0.7026-0.8425)
<b>AHI</b>	0,232 ± 0,014	0.230± 0.017	0.0076 (0.0065-0.0086)	0.7932 (0.7170-0.8507)
<b>BAIT</b>	0,214 ± 0,028	0.225± 0.034	0.0186 (0.0162-0.0209)	0.7326 (0.6385-0.8051)

	Valor	IC (95,0%)	
Media de las diferencias	-0,0052	-0,0077	-0,0028
DE de las diferencias	0,0137		
Media-1,96DE*	-0,0321	-0,0362	-0,0279
Media+1,96DE*	0,0216	0,0174	0,0258

\*DE: desviación estándar

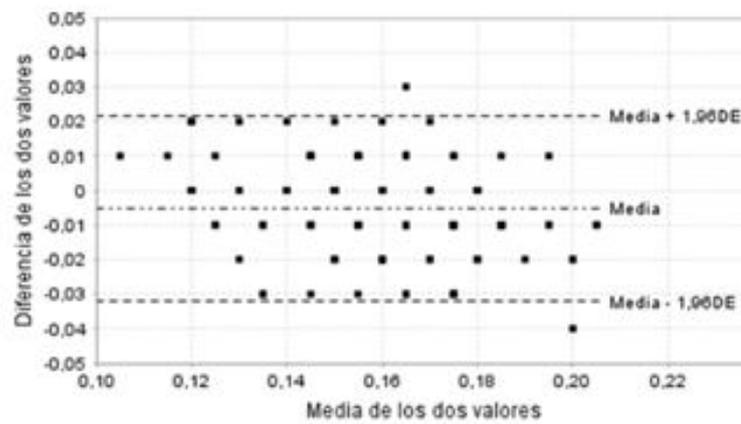


Figura 35. Concordancia Interobservador para la evaluación de BAI. Metodología de Bland-Altman.

	Valor	IC (95,0%)	
Media de las diferencias	-0,0112	-0,0148	-0,0076
DE de las diferencias	0,0200		
Media-1,96DE*	-0,0505	-0,0566	-0,0443
Media+1,96DE*	0,0280	0,0219	0,0342

\*DE: desviación estándar

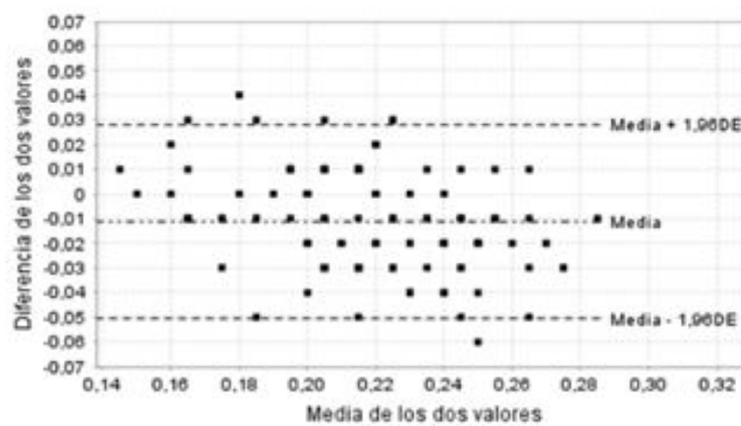


Figura 36. Concordancia Interobservador para la evaluación de BAIT. Metodología de Bland-Altman.

	Valor	IC (95,0%)	
Media de las diferencias	0,0031	0,0014	0,0048
DE de las diferencias	0,0096		
Media-1,96DE*	-0,0158	-0,0187	-0,0128
Media+1,96DE*	0,0220	0,0190	0,0249

\*DE: desviación estándar

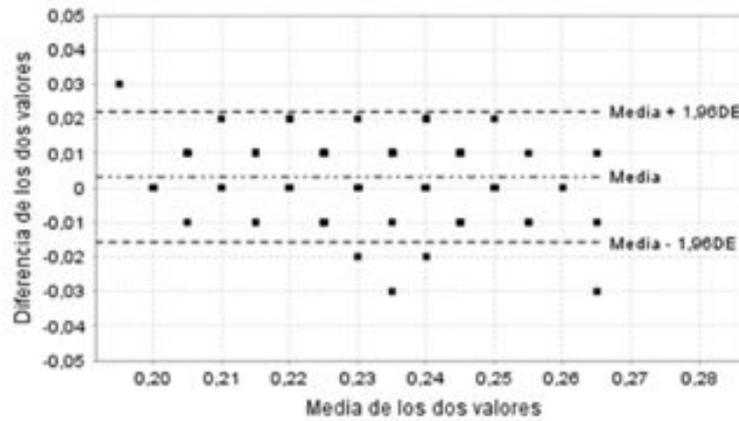


Figura 37. Concordancia Interobservador para la evaluación de AHI. Metodología de Bland-Altman.

## **7. DISCUSIÓN**

Este estudio ha sido realizado en las clínicas Universitarias integradas en las facultades dónde se imparte el Grado en Podología en las Universidades de A Coruña y Sevilla. Se consideró un ámbito idóneo para la realización del estudio porque son centros en los cuales se atiende anualmente a un elevado número de sujetos con características diversas y patologías podológicas heterogéneas y además el contexto de un espacio docente asistencial hace que los pacientes y sus acompañantes planifiquen su visita durante un espacio de tiempo amplio, condición que se considera que ha podido favorecer la participación voluntaria en el estudio.

La atención realizada para la obtención de datos en la investigación fue independiente de la atención clínica ordinaria que el sujeto acudía a recibir, de este modo se separaron la acción asistencial e investigadora, para permitir que la persona decidiese su participación con libertad e independencia del proceso clínico y de este modo respetar el cumplimiento de los criterios éticos de la investigación. La separación de ambas intervenciones permitió, además, la planificación adecuada para que todas las técnicas, mediciones y registros del estudio fuesen siempre realizadas por la misma profesional en Podología que no tenía responsabilidades clínicas sobre los pacientes participantes.

La existencia de dificultades para realizar una determinación fiable y validada de la altura del ALI utilizando métodos no radiográficos<sup>30,55</sup> justifican la definición de dos objetivos generales en el estudio, uno que analiza la influencia de la altura del ALI en la disfunción y el dolor y otro que se enfoca al análisis de la relación y concordancia entre las mediciones y clasificación de la altura del ALI obtenidas con diferentes métodos clínicos. Se consideró adecuada la planificación de ambos objetivos al considerar que se complementaban y enriquecían mutuamente. Los datos aportados, además de valorar la relación existente entre la altura del ALI y el dolor y la disfunción, permiten también contrastar si existe influencia del método utilizado para determinar la altura del ALI.

La inexistencia de un método Gold Estándar, no radiológico, ha conducido a utilizar como referencia para las medidas de validez de las mediciones antropométricas la observación y clasificación clínica de la morfología del ALI, también denominado,

diagnóstico visual de la morfología del ALI, metodología ya utilizada como referencia en otros estudios sobre el ALI<sup>56,225,226</sup>. Se determinó como parámetro de categorización clínica visual el ítem 5 del FPI6, en el cual el observador realiza una catalogación visual de la altura del ALI con valores desde -2 para arcos muy pronunciados hasta +2 para arcos aplanados. A pesar de no ser un método validado se consideró su uso por poseer dos condiciones importantes, la capacidad de recoger de forma independiente el criterio clínico del profesional que puntúa el ítem y que expresa la valoración clínica del profesional con un valor cuantitativo ya definido y fácilmente aplicable en el análisis de datos.

Una de las cuestiones importantes a referenciar en todo el estudio ha sido el tamaño muestral, como se ha podido comprobar se han analizado los datos de 423 sujetos, la pérdida de datos de un paciente lleva a que en algunas variables se presenten valores absolutos de  $n=422$ , para todas aquellas variables que el sujeto debía de ser tratado como la unidad indivisible porque se analizaban variables marcadas por la unidad sujeto como el sexo, el IMC o la puntuación obtenida en el cuestionario de Manchester, diferenciándose en estas situaciones la lateralidad del pie referenciado en los datos. En las comparaciones de mediciones entre diferentes alturas del ALI, la independencia de características del sujeto de estudio y las diferencias reflejadas entre el pie izquierdo y derecho de los participantes, que según Arch index solo presentan clasificación idéntica en el 51,1% de los casos, permitió tratar el pie como unidad de análisis, presentándose un tamaño de la muestra duplicado con  $n=846$  pies<sup>227</sup>. Por ello, los objetivos que abarcan el análisis de concordancia entre mediciones y fiabilidad de las mediciones fueron analizados contando con una muestra de 846 pies.

El estudio ha sido realizado sobre una muestra de sujetos adultos con una media de edad de  $44,43 \pm 18,87$  años en un rango desde 18 hasta 87 años. El 61,1% de los participantes eran usuarios de los servicios clínicos podológicos de las clínicas universitarias. Entre la población estudiada podría haber pacientes afectados de diferentes enfermedades sistémicas en estadios leves o iniciales, como la diabetes mellitus o la artritis reumatoide, cuando aún no han generado grandes deformidades

en el pie, no se excluyó a estos pacientes sin afectación grave, puesto que durante el diseño del estudio, se consideró que la muestra debía de reflejar las características generales de la población adulta que habitualmente acude a las clínicas podológicas, excluyendo únicamente aquellos pacientes cuya morfoestructura del pie se encontraba alterada por procesos graves o intervenciones quirúrgicas que podrían reflejar alturas de ALI extremas y modificadas.

Las mediciones antropométricas del ALI se realizaron siguiendo las técnicas y puntos de referencia descritos por Williams y McClay<sup>54</sup>. Sin embargo, los materiales para realizar la medición se simplificaron y se utilizaron una escuadra y un cartabón como instrumentos de medición de la altura del ALI, en vez del medidor calibrado. Esta variación en las herramientas condicionó la necesidad de realizar una prueba de fiabilidad de las mediciones. Prueba realizada, con una seguridad del 95% y una precisión de  $\pm 0,35$ , en una muestra independiente con  $n=61$  personas y 122 pies, con una edad media menor a la del estudio global ( $23,4 \pm 3,3$  años) y formada principalmente por mujeres (78,7% de la muestra).

La fiabilidad de las mediciones ha sido valorada mediante dos metodologías diferentes, el índice de correlación intraclass, que estima el promedio de las correlaciones entre todas las posibles ordenaciones de los pares de observaciones disponibles<sup>228</sup>, y mediante la metodología de Bland-Altman, método de representación gráfica en el que se reflejan las diferencias entre dos mediciones frente a la media de las diferencias<sup>229,230</sup>.

Calculado los índices de correlación intraclass intraobservador, se han obtenido valores buenos (valores de 0,71 a 0,90) y muy buenos (valores  $>0,90$ ) en las comparaciones entre las mediciones del mismo observador, para BAI (Boni arch Index = altura tubérculo escafoides/ longitud total), para BAIT (Boni arch Index trunc = altura tubérculo escafoides/ longitud truncada), y para AHI (Arch height index= Altura del dorso al 50% longitud total/longitud total).

Estos valores son ligeramente inferiores a los obtenidos por Williams y McClay<sup>54</sup>, si bien la metodología seguida por los autores imponía un posicionamiento del pie determinado en las mediciones, que no fue adoptado en el presente estudio puesto que las mediciones antropométricas serían utilizadas en un estudio comparativo con el posicionamiento del pie, medido por FPI6 y la morfología de la huella plantar, mediciones que deben ser tomadas en apoyo bipodal estático con el posicionamiento habitual del sujeto medido. Los datos que se han obtenido son similares a los evidenciados por Evans<sup>209</sup> en una población de 60 adultos, ICC=0,844 cuando realiza la determinación de BAI (altura tubérculo escafoides/longitud) utilizando una regla milimetrada como instrumento de medición de la altura del tubérculo de escafoides. Butler<sup>146</sup>, tras diseñar un instrumento específico para realizar las mediciones antropométricas del ALI, obtiene para AHI ICC intraobservador de 0,94.

En los valores de ICC interobservador obtenidos en el estudio actual oscilaron entre valores de 0,7326 para BAIT, y 0,7932 para AHI, valores superiores a los obtenidos por Williams y McClay en apoyo al 90% que únicamente superaron 0,60 en el AHI, muy similares a los obtenidos por Evans<sup>209</sup> para BAI (ICC=0,76), y notablemente inferiores a los obtenidos por Butler<sup>146</sup> que con el instrumento específico de medición de altura de ALI obtiene valores de ICC intraobservador de 0,99 para AHI.

El análisis de los resultados de los ICCs Intraobservador e interobservador, nos permite calificar en general que las mediciones antropométricas son métodos fiables, si bien, la medición que se muestra más fiable entre diferentes observadores es el AHI, altura dorso al 50% longitud total/longitud total. Se entiende que esta medición al carecer de marcaciones de estructuras óseas disminuye las variaciones entre observadores y sin embargo se comporta como la que obtiene valores más bajos de fiabilidad en las comparaciones de las mediciones intraobservador.

Además de los valores de ICC, se han realizado los cálculos de las diferencias medias y representaciones gráficas de las mismas siguiendo la metodología de Bland-Altman. Las mediciones Inter observador nos muestran fiabilidad de todas las mediciones, destacándose BAIT como la medición que presenta diferencias medias más bajas y BAI y BAIT con gráficos más lineales entorno a cero. En contraposición el análisis

de las diferencias medias intraobservador ha revelado que las mayores diferencias se dan en las mediciones de BAIT, altura tubérculo de escafoides/longitud truncada. Y es AHI la medición que presenta diferencias medias menores. Se observa de nuevo, que la necesidad de marcar referencias óseas disminuye la fiabilidad Inter observador de las mediciones y sin embargo aumentan esta fiabilidad en las mediciones intraobservador. Los valores obtenidos en las representaciones de Bland-Altman han mostrado que las mediciones antropométricas realizadas se comportan como valores fiables dentro de los límites de  $\pm 2$  desviaciones estándar.

Una vez expuestas algunas generalidades consideradas importantes sobre el diseño y proceso del estudio de investigación realizado, se procede a efectuar una interpretación de los resultados más destacados que se han obtenido relacionando los mismos con los objetivos específicos para generar una discusión sobre los aspectos más relevantes y controvertidos de la investigación.

### **7.1. Discusión de los objetivos del estudio**

Objetivo 1: Describir la morfología del arco longitudinal interno y la posición del pie en carga en una población adulta según la morfología de la huella plantar, las medidas de dimensión normalizadas y la índice postura del pie y determinar la relación entre estos parámetros y el sexo e IMC de los participantes.

La población muestra del estudio fue una población heterogénea, en edad. El 37% de la muestra estaba formada por hombres y el 63% por mujeres, entre ambos grupos se detectaron diferencias significativas en el IMC categorizado, siendo el sobrepeso la categoría más frecuente en los hombres y el peso normal la más frecuente en las mujeres. Los valores obtenidos son similares a los valores que muestra la encuesta Europea de Salud de 2014 <sup>231</sup>, publicada por el Instituto nacional de estadística (INE), en la cual en el grupo de hombres la categoría más frecuente, es también el sobrepeso, categoría en la que encontramos el IMC del 44,90% de la muestra de hombres mientras que en el grupo de mujeres la categoría más frecuente es el normopeso, que en la

encuesta del INE representa un 50,63% de las mujeres, porcentaje cuatro puntos mayor respecto a la muestra que se ha estudiado.

Subotnick<sup>232</sup> afirma, respecto a la morfología del ALI, que un 60% de la población posee un pie normal, el 20% un pie con morfología cava y el 20% restante un pie con morfología plana. Estudios epidemiológicos recientes coinciden en el porcentaje de morfología plana en población adulta, así Dunn et al<sup>122</sup> realizando la clasificación mediante maniobra clínica obtienen que de una muestra aleatorizadas de 784 sujetos el 19% posee un pie plano y un 5,2% un arco elevado. Nguyen et al<sup>233</sup>, en una población de 600 sujetos, obtienen porcentajes de 20% de pie plano en el grupo de mujeres y 17% en el grupo de hombres al realizar el diagnóstico por comparación de anchura de mediopié y retropié sobre huellas obtenidas en plataforma de presiones. Pita-Fernández et al<sup>56</sup> en una población adulta obtienen porcentajes del 19% de pies planos al realizar el diagnóstico visual de morfología del ALI sobre podoscopio. Los resultados sobre morfología del ALI obtenidos en este estudio no han sido consistentes con los porcentajes de estudios previos aleatorizados realizados en población adulta. Al analizar la morfología del ALI según la huella plantar, AI, el porcentaje de arcos normales se encuentra en torno al 40%, el porcentaje de arcos bajos 34% y arcos elevados 25%, con diferencias discretas según la lateralidad. Si se analiza la postura del pie según FPI6 el porcentaje, para pie izquierdo y derecho, ha variado para pies normales entre 41,5% y el 44,4%, para pies en valores de pronación entre 38,2% y 36,6% y en valores de supinación entorno al 20%.

La diferencia con estudios epidemiológicos previos se ha hallado en el porcentaje de pies normales y planos que se han igualado entre ellos entorno al 40%. Se considera que la diferencia pudo estar determinada por el tipo de población incluida en el estudio, que en un porcentaje de 61,6% eran usuarios de servicios clínicos podológicos, por lo cual eran personas que padecían algún tipo de alteración que determinaba la necesidad de asistencia. Siguiendo la doctrina y principios patológicos del Dr.Root<sup>234</sup>, la existencia de sintomatología que ocasionaría la necesidad de asistencia podológica podría estar condicionada por presentar tendencia a la pronación y aplanamiento del ALI, puesto que estas morfologías podrían ser causa de otras alteraciones en el pie.

El análisis de la morfología de la huella plantar según AI en la población muestra que el valor medio de AI ( $0,24 \pm 0,06$ ) concuerda con el valor medio determinado por Cavanagh y Rodgers<sup>121</sup> y Murley et al<sup>58</sup> en poblaciones de adultos jóvenes y con los valores de referencia de normalidad (0,21 a 0,26) . Del mismo modo, los valores obtenidos se asemejan a los valores medios referenciados por Menz et al<sup>57</sup> en población anciana (de 62 a 94 años) y por Xiong et al<sup>147</sup> en una población de adultos jóvenes sanos.

Los valores medios obtenidos de FPI6 ( $3,35 \pm 4,70$  pie izquierdo y  $3,31 \pm 4,56$  pie derecho) se aproximan a la media de  $3,4 \pm 2,9$ , obtenida por Teyhen et al<sup>46</sup> al estudiar una población de 1000 soldados de edad media  $30,7 \pm 2,9$  años y que diariamente practicaban actividad física exigente. Sin embargo, no son valores consistentes con el estudio de Redmon et al<sup>139</sup>, realizado en población con una media de edad  $42,3 \pm 25,1$  años, ni respecto a otros estudios sobre población joven como el de Alahmari et al<sup>194</sup> ( $2,76 \pm 5,23$ ) en población de Arabia Saudí de entre 18 y 25 años. Se considera que estas diferencias en valores medios pueden estar condicionadas por factores externos e internos de las poblaciones analizadas.

La comparación entre diversos estudios de los valores medios de las mediciones antropométricas del ALI no resulta sencilla por la gran variedad de denominaciones encontradas en la bibliografía para estas mediciones<sup>62</sup>, y por las diferencias encontradas entre estudios en las referencias óseas utilizadas para realizar las mediciones.

En la Tabla 64 se exponen, a modo de resumen, los valores absolutos y normalizados que se reflejan en diferentes estudios, habiendo adaptado la terminología utilizada a las denominaciones utilizadas en el presente estudio. A pesar de las similitudes en los valores, se encuentran diferencias que podrían ser atribuibles a las características diversas en cuanto a edad, diversidad racial o nivel de actividad física, características que se han evidenciado como factores influyentes en la altura del ALI.

Tabla 64, Valores medios de las medidas de ALI brutas y normalizadas reflejados en la bibliografía.

Mediciones	Williams <sup>54</sup> (n=51)	Butler <sup>146</sup> (n=100)	Pohl y Farr <sup>35</sup> n=20	McPoil <sup>62</sup> n=850	Xiong <sup>147</sup> n=48	Weimar <sup>235</sup> (n=79)	Teyhen <sup>41</sup> (n=1000)	Estudio actual (n=422)
<b>Altura escafoides</b>	3.97±0.56							3,96 ± 0,78
<b>Altura dorso 50% longit</b>	5.62±0.44	6.6±0.6	6,3±0.6	6.47±0.62		6,05±0.47		5,77 ± 0,62
<b>Longitud</b>	24.2±1.69	25.2±1.6		28,79±1.8 4	25.33±1.1 5	24,1±1,1		24,92 ± 1,61
<b>Longitud truncada</b>	17.83±1.1 3	18.4±1.2	18,4±0,8	18,89±1,3 9		17,79±0.8 4		18,08 ± 1,24
<b>BAI</b>	0.16±0.02							0,16 ± 0,02
<b>BAIT</b>	0.22±0.03				0.14±0.03			0,23 ± 0,04
<b>AHI</b>	0.23±0.03			0.21±0.02			0.25±0.02	0,23 ± 0,01
<b>AHIT</b>	0.32±0.03	0.34±0.03	0.34±0.02	0.34±0.03	0.35±0.02	0.34±0.03	0.34±0.03	

BAI: Altura tubérculo/longitud total); BAIT (altura tubérculo/ longitud Truncada); AHI (Altura dorso/longitud total); AHIT Trunc (Altura dorso/ longitud truncada)

Las diferencias en los valores de FPI6, AI y las medidas de ALI normalizadas obtenidas y los valores de otros estudios de investigación podrían estar justificadas por las características diferentes entre poblaciones que a su vez actúan como factores internos y externos que caracterizan la morfología del ALI. Además, las características referentes al padecimiento o no de patologías podológicas podría generar diferencias,

Entre estos factores con capacidad de explicar las diferencias halladas entre diferentes estudios se encuentra la edad, Pita-Fernández et al (26) identifican el aumento de edad como factor de riesgo para la morfología de pie plano y Scott et al<sup>130</sup>, al comparar las características de la morfología del pie de una población joven y una población anciana, obtienen datos que evidencian que en los mayores la morfología del pie es más plana y más pronada que en los jóvenes y concluyen que el incremento de edad en población adulta está asociado a cambios en las características morfológicas del pie. Estudios anatómicos como el de Nozaki<sup>236</sup> contribuyen a justificar la existencia de las

diferencias entre grupos de diversas edades al evidenciar que se produce un aplanamiento de las curvaturas articulares del retropié en las personas de mayor edad.

Las diferencias raciales<sup>11,13,129</sup> se han revelado como factor influyente en la morfología del ALI. El presente estudio se realizó en población española cuya diversidad racial es menor que en poblaciones como la de Estados Unidos o Inglaterra, estas diferencias raciales podrían contribuir a las diferencias halladas entre los valores medios de los parámetros del ALI.

El nivel de actividad y preparación física también debe ser considerado como un factor influyente en la altura del ALI. Estudios como el realizado por Teyhen et al<sup>41</sup> sobre población físicamente activa, por su condición laboral, presentan diferentes valores de altura de ALI normalizadas frente a estudios que incluyen perfiles diversos respecto a la actividad física. Considerando que la acción muscular de la actividad física puede influir en la morfología del ALI, se justificaría que poblaciones que realizan más actividad física<sup>12</sup> presenta valores de ALI más elevados.

Al realizar el análisis de las variables en función del sexo, se evidenciaron diferencias significativas entre hombres y mujeres en las mediciones antropométricas normalizadas y en FPI6, reflejando que en las mujeres se presentaba mayor tendencia a la pronación y alturas de ALI normalizadas más bajas que los hombres. Sin embargo, el análisis de la morfología de la huella plantar no reflejó estas diferencias de modo significativo, lo cual puede ser atribuido a la influencia que poseen otros factores como el IMC sobre la morfología de la huella.

El análisis de la literatura científica muestra discrepancias sobre la existencia de diferencias de la morfología del ALI en función del sexo. Para justificar las diferencias se argumenta que el dimorfismo que caracteriza al sexo femenino, pelvis ancha que genera tendencia a genu valgo contribuye a desplazar cargas hacia la zona medial del pie, y las características fisiológicas del sistema músculo ligamentoso femenino, de laxitud ligamentosa y rango de movimiento articular elevados, justifican la existencia

de diferencias en la posición del pie y altura del ALI con una mayor tendencia a la pronación y mayor aplanamiento en la mujer. Además, en población adulta las diferencias podrían estar influidas por la presencia de alteraciones patológicas del pie, más frecuentes en las mujeres <sup>237,238</sup>, tales como la disfunción de tibial posterior, que generan pie plano del adulto.

Las discordancias sobre las diferencias morfológicas del ALI entre sexos no solo se reflejan en estudios clínicos. Los resultados de estudios anatómicos como el de Nozaki et al <sup>140</sup>, que evidencian diferencias en la orientación de las superficies articulares astrágalo-escafoidea que condicionarían un desplazamiento medial y plantar más amplio la ASA de las mujeres, discrepan con los resultados obtenidos por otros estudios como el de Sorrentino et al <sup>239</sup> que no hallan diferencias anatómicas en la morfología del astrágalo entre hombre y mujeres.

Las diferencias significativas entre sexos en los valores de FPI6 reflejadas en el estudio , mayores en el grupo de mujeres, no son consistentes con resultados de investigaciones previas <sup>139,240,241</sup>, que destacan la inexistencia de diferencias significativas entre sexos en los valores de FPI6. Al analizar las discrepancias se detectan diferencias en las características de las poblaciones que podrían justificar los desacuerdos en los resultados obtenidos. Los estudios previos que no detectan diferencias en los valores de FPI6 entre sexos analizan poblaciones jóvenes y que no presentan ningún tipo de patología del pie ni síntomas relacionados con alteraciones patológicas del mismo, siendo ambas características que pueden condicionar la morfología del ALI y la posición del pie hacia valores de normalidad.

AL igual que el FPI6, el análisis de los datos de las mediciones antropométricas evidenció la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre sexos para ambos pies en todos los valores absolutos y normalizados. Reflejando que los pies de los hombres eran más largos y con el ALI más alto. Estos resultados son concordantes con los estudios de Hashimoto et al <sup>242</sup> que realizan las mediciones sobre imágenes radiográficas, Zaho et al <sup>201</sup> con mediciones realizadas mediante Scanner 3D, con estudios orientados al diseño de calzado <sup>136137</sup> que incidían en las diferencias existentes

entre sexos en el contorno del ALI y con las diferencias halladas por Mc Poil et al <sup>62</sup> en la medición AHI .

Al igual que en el análisis del FPI6, los hallazgos respecto a las diferencias entre sexos fueron discrepantes con resultados de otros estudios realizados por Butler et al (35), Zifchock et al<sup>19</sup>, Wunderlich and Cavanagh<sup>136</sup> y Xiong et al <sup>147</sup> en poblaciones con pies asintomáticos y físicamente activas, en las que no se detectaron diferencias significativas entre sexos en los valores antropométricos del ALI.

Cuando se agrupa a la población estudio según el IMC, diferenciando grupo de normopeso, sobrepeso y obesidad, se aprecia un comportamiento distinto de las variables utilizadas para determinar la morfología del ALI. Así, los valores de FPI6 no mostraron diferencias significativas entre diferentes grupos de IMC, ni en el análisis de la población global ni por sexos. Estos resultados son concordantes con los estudios previos<sup>139,195,198,240,241</sup> que analizaron las mismas diferencias en poblaciones adultas.

El análisis de los valores de BAI, AHI y BAIT en los grupos categorizados según IMC reveló comportamientos diferentes en función del sexo. En los hombres el IMC no poseía influencia en los valores y la correlación no fue significativa. Sin embargo, en las mujeres los valores normalizados de altura de tubérculo de escafoides (BAI y BAIT) mostraron diferencias en función del IMC y una correlación negativa significativa no lineal, valores de  $r$  entre -0,160 y -0.168, de las variables BAI y BAIT con el IMC.

Los valores de AI al realizar agrupaciones por IMC, mostraron, para ambos pies y en ambos sexos, la existencia de diferencias significativas entre los grupos, objetivando un aumento de AI en los grupos con mayor IMC. El análisis de las correlaciones confirmó la existencia de correlación positiva significativa entre AI e IMC para ambos sexos con valores de  $r$  más elevados en las mujeres, reflejándose de este modo que la morfología de la huella plantar se presenta más plana cuando el IMC es elevado.

La categorización de AI entre los grupos de IMC, con diferencias significativas solo en las mujeres, reveló que la morfología de arco bajo era la más frecuente en obesas, datos que coinciden con estudios que detectan que el IMC elevado es un factor de riesgo para el pie plano cuando este es diagnosticado mediante el análisis de la huella plantar<sup>53,131,243</sup>.

**El análisis global de los resultados de las mediciones realizadas según los grupos de IMC, revela que la altura del ALI y la posición del pie no se encuentran relacionadas directamente con el IMC, sin embargo si existe una relación significativa entre la morfología de la huella plantar y el IMC.** Estos resultados avalan las sospechas expresadas por Butterworth<sup>138</sup>, cuando tras realizar una revisión sistemática afirma que los métodos basados en el análisis de la morfología de la huella plantar pueden confundir la existencia de tejido graso plantar libre y el exceso de presión plantar generado por un peso excesivo, con alteraciones óseas del ALI. Los datos que se han obtenido revelan que en los grupos en los que el IMC es más elevado, el valor medio de AI es también mayor, es decir que la huella es más plana cuanto mayor es el IMC del grupo. Sin embargo, esta tendencia no se refleja de forma generalizada en las medidas normalizadas del ALI ni en el FPI6. Por ello, podemos interpretar que en la población analizada agrupando la muestra según IMC en normopesos, sobrepeso y obesidad, los valores de las mediciones antropométricas normalizadas del ALI y el FPI6 no presentan diferencias significativas entre grupos, es decir los pies de los pacientes con IMC más elevado no evidencian alturas significativamente menores de ALI ni posiciones más pronadas, pero si existe una significación estadística positiva entre los valores de AI e IMC, presentándose valores medios mayores de AI cuando aumenta el IMC.

Objetivo 2: Analizar la relación y concordancia existente entre las diferentes categorías de la morfología de la huella plantar y las medidas antropométricas de dimensión del ALI normalizadas.

Una vez analizada la concordancia existente entre el valor de AI en pie derecho e izquierdo, se determinó que las diferencias entre ambas lateralidades y la independencia de los datos a tratar de las características de la unidad sujeto permitían realizar un análisis estadístico utilizando como unidad el pie y no la persona, por ello el análisis de concordancia y fiabilidad se refleja sobre una muestra de 844 pies.

Para determinar la relación entre la morfología de la huella plantar y las medidas de ALI normalizadas se realizó un test ANOVA, considerando AI como variable dependiente con la cual se realizó una agrupación de la muestra, utilizando como referencia los valores aportados por Canagh y Rodgers<sup>121</sup> (AI > 0,26 arco bajo, AI < 0,21 arco elevado y AI 0,21 a 0,26 arco normal). Los resultados revelaron la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los valores medios para las tres variables independientes, BAI, BAIT y AHI y también diferencias significativas en las comparaciones dos a dos que se realizaron mediante el HSD de Tukey.

Estos resultados estadísticamente relevantes puesto que se obtienen valores diferentes para cada grupo en las tres variables BAI, BAIT y AHI, carecen realmente de valor clínico, puesto que cuando se analizan los rangos de los valores para las variables independientes, en cada una de las tres categorías se evidencia que las diferencias son consecuencia de un efecto del tamaño de la muestra, que ha permitido establecer diferencias significativas en los valores medios entre diferentes grupos, los rangos para cada una de las categorías son tan amplios que todos contienen el valor medio de los otros grupos. De este modo se podría producir la situación de que un pie que según la agrupación de AI se clasifica como ALI bajo tiene un valor de BAI igual o superior que la media que AI cataloga como ALI elevado. En los diagramas presentados en el apartado de resultados, en los que se incluye el rango, se aprecia como la diferencia que se establece desde el valor de AI es incapaz de establecer unos valores de

referencia diferenciados para las mediciones de ALI normalizadas, apreciándose que cuando AI cataloga a un pie en una categoría la altura del ALI normalizada puede representar su pertenencia a un percentil característico de otra morfología de ALI.

**Ante los resultados obtenidos y como se analizó en apartados anteriores, la morfología de la huella plantar parece no tener capacidad de reflejar la altura del ALI en todas las ocasiones y se evidencia que, para una misma altura del ALI normalizada, medida con BAI, BAIT o AHI, el valor de AI puede ser característico de una huella plana o de una huella cava.**

Estos resultados, en los que pies con idéntico valor de altura de ALI normalizada presentan huellas plantares diferentes, apoyan la consideración de la incapacidad que posee la huella plantar para reflejar la altura ósea del ALI, referenciada por Hawes et al<sup>64</sup> que objetivan que la huella plantar solo es capaz de reflejar entre un 4-15% de las variaciones del ALI e indican que clínicamente se debe interpretar que la huella plantar solo refleja la morfología de la propia huella y no refleja la altura del ALI. McCrory et al<sup>149</sup> exponen datos de que AI tiene capacidad de reflejar un 50% de las variaciones del ALI y tras obtener valores buenos de relación entre AI y la altura de escafoides normalizada determinada sobre imagen radiográfica ( $r=0.71$ ) concluyen que AI en su muestra se ha revelado como un método indirecto válido para conocer la altura ósea del ALI. Menz et al<sup>57</sup> al validar AI como método de determinación de la altura del ALI frente a parámetros radiográficos obtiene valores de  $r=-0,514$  frente a la altura normalizada de escafoides sobre imagen radiográfica, recomendando la interpretación de AI como un reflejo de la forma del ALI y no un reflejo de su altura.

Con los datos obtenidos se justifican observaciones como la realizada por McCrory et al<sup>149</sup> y que forma parte de las observaciones frecuentes de los profesionales clínicos, que es la incapacidad de la huella plantar para reflejar la altura del ALI en situaciones extremas. Es decir, un ALI descendido o bajo que se presenta con una pronación exagerada en la que existe un desplazamiento de cargas hacia medial importante puede presentar una huella plantar con poco apoyo medial que según el valor de AI sería catalogada como cava cuando el pie, en realidad se encuentra pronado y el ALI descendido.

Esta incapacidad de AI de reflejar la altura del ALI se evidencia en el análisis de concordancia, con valores de Kappa siempre inferiores a 0.21, entre las mediciones antropométricas normalizadas, categorizadas según los cuartiles de la muestra y los valores de referencia de AI. Para las tres mediciones normalizadas (BAI, BAIT y AHI) el grado de concordancia más elevado es para ALI bajo, entorno al 60%, y el más bajo para ALI alto que no supera el 40%, es decir que únicamente en un 40% de los casos en los que el valor de AI refleja la existencia de una huella cava, compatible con un arco elevado, el valor de la medición normalizada se encuentra por encima del percentil 75 y en un porcentaje entorno al 10%, variable según analicemos BAI, BAIT o AHÍ, AI indica que la huella es cava cuando el valor de la medida normalizada se encuentra por debajo del percentil 25 de las mediciones de la muestra. Estos resultados apoyan las conclusiones de McCrory, Menz y Hawes sobre la incapacidad de AI para reflejar la morfología del ALI y deben generar un análisis crítico del diagnóstico o clasificación de la altura del ALI, realizada con finalidad clínica o de investigación, realizada según este parámetro y otros métodos de análisis de la huella plantar, puesto que como se evidencia no posee la capacidad de reflejar la altura ósea del mismo.

Objetivo 3: Analizar la concordancia existente entre las diferentes categorías de la morfología de la huella plantar y la postura del pie.

En el análisis de concordancia entre AI en tres categorías, arco bajo, normal y elevado, y FPI6 en 3 categorías, pie pronado, normal o neutro y supinado, se obtuvo un valor Kappa =0,15, **que refleja que el grado de concordancia, una vez corregido por el acuerdo debido al azar, es únicamente del 15%**

Los resultados son concordantes con la tendencia hallada por Menz cuando analizando la relación entre los valores de AI y FPI8 obtiene un valor de  $r=0,424$ , que muestra poca relación entre ambos parámetros. Al analizar la tabla de contingencia se evidencian las discrepancias entre ambas mediciones. Así, en un 22,3% de pies que FPI6 clasifica como supinados la morfología de la huella según AI es plana y en un

18,7% de pies pronados la morfología de la huella es cava. Estas diferencias, frecuentemente observadas en la práctica clínica, evidencian las diferencias entre el posicionamiento del pie y la morfología del ALI y apoyan la afirmación de Horwood<sup>66</sup> cuando argumenta que la asimilación entre la posición del pie y la morfología de la huella plantar es una práctica que carece de evidencia, y como reflejan los resultados obtenidos no existe una similitud entre la morfología en el plano transversal plantar reflejada en la huella y el posicionamiento tridimensional que adquiere el pie.

Objetivo 4 Analizar la concordancia y validez de las medidas antropométricas de dimensión del ALI normalizadas frente a la valoración visual del ALI.

Como se reflejó en la introducción, la ausencia de un método clínico consensuado y validado para determinar la altura del ALI ha generado que cuando se ha presentado la necesidad de establecer una categorización con fines de investigación importando hábitos de la práctica clínica, se haya recurrido al establecimiento de categorías en función de criterios de valoración visual. A nivel clínico es una práctica frecuente condicionada por la experiencia que posee el profesional que realiza la observación y que puede ser considerada como subjetiva. Sin embargo, durante la realización del presente estudio, ante la ausencia de una medición radiográfica que pudiese ser considerada como Gold estándar y valorando metodologías empleadas en otros estudios<sup>56</sup> se decidió utilizar la valoración visual del ALI, tomando como referencia la puntuación alcanzada en el ítem 5 del FPI6, para comprobar si este parámetro conseguía recoger la valoración antropométrica del mismo.

Los resultados obtenidos reflejaron que la valoración visual posee gran capacidad de detectar como bajos ALI cuyas medidas antropométricas normalizadas se encuentran por debajo del percentil 25. Además, debe destacarse que para las tres medidas BAI, BAIT y AHI los porcentajes de pies valorados como altos visualmente cuando el valor se encuentra por debajo del percentil 25 es inferior al 2%. Las mayores discrepancias se presentan en los valores medios, no alcanzando el porcentaje de coincidencia en la categorización normal el 41% entre la valoración visual y las mediciones normalizadas. Debe tenerse en cuenta que el parámetro utilizado puede ser causa de

esta ausencia de coincidencia puesto que cualquier alteración detectada por el explorador hacia una alteración de la morfología del ALI en carga podía ser ya catalogada con puntuaciones de +1 si tiende al aplanamiento o -1 si tendía hacia la elevación del ALI y en el análisis estadístico ya se reflejaban como alturas diferentes a la normalidad.

**Los valores de concordancia obtenidos entre la valoración visual y las mediciones antropométricas fueron mejores que los valores de concordancia con AI, a pesar de que en la valoración visual los tejidos blandos generan distorsiones importantes a las que se pueden atribuir las diferencias con las valoraciones antropométricas.**

Objetivo 5. Analizar la validez de las medidas antropométricas de dimensión del ALI normalizadas frente a la valoración visual del ALI y a la categorización de la huella plantar.

Los resultados de concordancia obtenidos condicionaron la decisión de analizar la validez de las mediciones antropométricas, entre las cuales se decidió analizar BAIT por ser la que presentaba mejores ICC intraobservador, realizando un análisis de las curvas ROC y los puntos de corte óptimos según Youden para hallar valores de referencia para ALI bajo y ALI alto. Este análisis se realizó considerando como Gold estándar 2 mediciones, la valoración clínica visual del ALI y la morfología de la huella plantar según AI.

Los resultados de las curvas ROC, cuando el Gold estándar es la valoración visual del ALI para ALI elevado y ALI bajo, presentan valores de  $AUC=0.866$  y  $AUC=0,822$ , estableciéndose como puntos de corte de ALI elevado un valor de  $BAIT \geq 0.231$  y para ALI bajo  $BAIT \leq 0,219$ , que permiten afirmar que, aplicando los puntos de corte, el valor de BAIT nos permite discriminar si un pie ha sido categorizado como ALI elevado o ALI bajo mediante la valoración visual. Cuando el Gold estándar es la morfología de la huella plantar según AI, los valores de AUC disminuyen, para ALI elevado ( $AUC=0,662$ ) y ALI bajo ( $AUC= 0,709$ ) y los puntos de corte se aproximan

entre ellos, para ALI elevado 0.221 y para ALI bajo 0,213. Los valores de AUC para ambas mediciones demuestran que el valor de BAIT no permite conocer si AI ha catalogado a ese pie como arco bajo o elevado. **Las medidas de validez muestran que los puntos de corte de BAIT poseen mayor validez cuando la prueba Gold estándar de referencia es la valoración visual de ALI y como demuestran los valores de las razones de verosimilitud, el valor de eficiencia diagnóstica de BAIT respecto a la morfología de la huella plantar es insignificante.**

La mayoría de estudios que hasta el momento han validado las técnicas de medición antropométrica del ALI frente a otras técnicas de medición sobre huella plantar, frente a técnicas de valoración visual o radiografías han utilizado la determinación de la correlación de Pearson, para variables continuas o rho de Spearman para variables que no cambian de forma constante, como métodos estadísticos para determinar la relación entre dos técnicas tratadas como variables independientes <sup>32,33,35,57,121,149,244</sup>. Esta metodología estadística posee la capacidad de demostrar que los valores de dos variables independientes se relacionan porque sufren cambios proporcionales o los sufren en los mismos tiempos <sup>65</sup>. Cuando entre las variables se produce una correlación o una relación con valores próximos a 1 se considera que ambas variables tienen capacidad de reflejar la misma situación, sin embargo, el abordaje estadístico realizado en este estudio, con el objetivo de validar las mediciones antropométricas frente a otros métodos de clasificación de la morfología del ALI, ha incidido en tratar a todas las variables como mediciones de un mismo parámetro, la altura del ALI, para aportar datos que reflejen las diferencias entre las técnicas y poder incidir en la necesidad de que la morfología del ALI debe ser determinada mediante varios parámetros clínicos, puesto que no se posee un método clínico reconocido con capacidad y validez para determinar de forma inequívoca la morfología del ALI <sup>30</sup>. Se considera que esta afirmación, evidenciada por autores como Williams <sup>54</sup>, Langley <sup>55</sup>, Tong <sup>29</sup> y Carrasco <sup>30</sup>, conduce a realizar un análisis reflexivo cuando se analizan los factores de riesgo de alteraciones de la altura del ALI, como el pie plano, si la determinación de la misma ha sido realizada mediante un solo método clínico y principalmente cuando ese método se basa en la morfología de la huella plantar.

Objetivo 6: Determinar si las medidas antropométricas de dimensión de ALI normalizadas, morfología de la huella plantar y la postura del pie poseen efecto independiente para la obtención de puntuaciones elevadas en las diferentes dimensiones del cuestionario de Manchester.

Siguiendo las recomendaciones de Yuanxi et al <sup>183</sup> y Whittaker et al <sup>184</sup> para conocer el dolor y disfunción del pie que presentaba la población analizada se utilizó el cuestionario de Manchester de dolor y disfunción del pie. El análisis de frecuencia de las respuestas en cada uno de los ítems del cuestionario reveló que la opción “ningún día” fue la respuesta más frecuente siendo seleccionada al menos por el 50% de la muestra en todos los ítems y alcanzando en algunas frecuencias superiores al 80%.

**Las diferencias significativas halladas entre sexos en las puntuaciones obtenidas en tres de las cuatro dimensiones del cuestionario de Manchester revelan que las mujeres manifiestan padecer más dolor de pies, más disfunción y poseen una percepción peor de la apariencia de sus pies y de su calzado que los hombres.** Estos datos son concordantes con resultados obtenidos en estudios previos en los cuales la condición de ser mujer se revela como un factor de riesgo independiente en el padecimiento de dolor y disfunción <sup>69,179,180,245</sup>.

En la dimensión apariencia únicamente el sexo se revela como factor independiente presentando un OR ajustado=6,60 IC 2,42 a 18.01, mostrándose que la probabilidad de que las puntuaciones en la dimensión función sean elevadas se incrementa cuando se evalúa a una mujer.

El análisis de la dimensión trabajo resulta excesivamente complejo, puesto que las puntuaciones por encima de la mediana son consecuencia mayormente de aquellos individuos a los que se le asigna puntuaciones de 50 o 100 porque no han realizado nunca actividad física y/o se encuentran en situación de jubilación, por ello consideramos que a pesar de que se ha expuesto el análisis de los valores de la dimensión y su relación con las variables, no es posible interpretar si las variables están relacionadas con la incapacidad de realizar actividad física o laboral con las puntuaciones de esta dimensión del cuestionario.

En la dimensión función, el análisis multivariado de regresión logística objetivó que

las únicas variables con efecto independiente, estadísticamente significativo, para que la puntuación obtenida en la dimensión fuese superior a la mediana eran la edad, con OR ajustado= 1.02, IC 1,02 a 1,04, el sexo femenino, con OR ajustado=2.62 IC 1,55 a 4,44 y FPI6 pronado, con OR ajustado=1.98 IC 1,17 a 3,37. **Ante estos resultados la posibilidad de que un sujeto manifieste padecer dificultades funcionales se incrementa cuando el sujeto es de sexo femenino y cuando presenta un pie pronado según FPI6.** Estos parámetros son consistentes de forma parcial con los hallazgos de Menz et al <sup>246</sup> al analizar una población de 1860 sujetos del estudio Framingham, en los que determinan la morfología del pie y la postura analizando la huella recogida mediante plataforma de presiones en estática y dinámica. Obtienen datos de que las probabilidades de que un sujeto manifieste desequilibrios aumentan cuando el pie es más plano (OR=1,40 con IC 1.06-1.85) y se presentan más probabilidades de que exprese que presenta dificultades para caminar en una habitación pequeña cuando tiende a la pronación (OR= 2.07 con IC 1.02-4.22). Los datos obtenidos en el estudio que se presenta, son concordantes con el estudio de Menz al evidenciarse que las posiciones más pronadas alteran la función del individuo y con el estudio de Neb et al <sup>247</sup> que tras analizar a 45 pacientes con dolor plantar crónico hallan correlación entre FPI6 y la puntuación alcanzada al evaluar la discapacidad mediante la escala *Foot Function Index*. En la misma línea estudiando pacientes que padecen artritis reumatoidea Reina-Bueno et al <sup>248</sup>, destacan que en el grupo de pacientes con más de 10 años de evolución, cuyos pies son estadísticamente más pronados y con huellas más planas que los pacientes con evolución inferior a 10 años, presentan puntuaciones más elevadas en la dimensión función del cuestionario de Manchester, aunque las diferencias no alcanzan la significación estadística.

Los datos obtenidos que no hallan relación entre la morfología de la huella según AI y las puntuaciones elevadas en la dimensión función, difieren de los hallazgos de Menz et al (66) que evidencian que los pacientes con huella más plana presentan problemas de función causadas por desequilibrios y Pita-Fernández et al <sup>53</sup> que en un estudio sobre pie plano, concluyen que los pacientes que presentan morfología de pie plano, habiendo determinado la misma según la morfología de huella plantar,

presentan puntuaciones en las escalas *Foot Health Status Questionary* y *Foot Function index*.

En la dimensión dolor ser mujer se revela como valor independiente para obtener puntuaciones elevadas (OR=2,50; IC 1,52-4,19) y también lo hace la edad (OR=1,02; IC 1,01-1,03) aunque en valores de probabilidad más discretos. La relación con la condición de sexo femenino concuerda con múltiples estudios que han detectado que ser mujer supone un factor de riesgo para manifestar sufrir dolor de pies <sup>69,123,179,245,249</sup>.

También muestra ese efecto independiente, con puntuaciones elevadas en la dimensión dolor, la morfología de huella plantar Arch index bajo (OR=2,10; IC 1,21-3,67). Esta relación es concordante con la sintomatología dolorosa descrita para la patología de pie plano.

Los resultados obtenidos concuerdan parcialmente con los resultados expuestos por Menz et al <sup>20</sup> al analizar los factores de riesgo de padecer dolor. Clasificando la morfología del ALI según AI sobre una población de 3378 sujetos del estudio Framingham, obtienen resultados que muestran que la influencia de la morfología del ALI sobre el dolor difiere según el sexo. Así, para los hombres ajustando por edad y peso, tener un arco bajo aumenta un 30% el riesgo de padecer dolor, resultados concordantes con los obtenidos en el estudio. Sin embargo, en el grupo de las mujeres, ajustando por edad y peso, tener un arco elevado se muestra como factor protector, que disminuye un 26% la posibilidad de tener dolor en la zona metatarsal y disminuye un 36% la posibilidad de tener dolor en la zona del ALI.

La relación entre el valor de AI y obtención de puntuaciones elevadas en escalas de dolor, no ha sido obtenida en otros estudios. Así, Paiva et al <sup>166</sup> evidencian que el único parámetro relacionado con el dolor de pies, en pacientes ancianos que realizan actividades calzados, son las medidas antropométricas normalizadas del empeine y zona metatarsal. Idénticas conclusiones expone Chidiebele <sup>250</sup> cuando analiza la relación entre la morfología de la huella plantar según AI y los dolores articulares en pie, rodilla y cadera en mujeres embarazadas y obtiene datos que le permiten concluir

que el aplanamiento de la huella que se produce durante el embarazo no afecta a las articulaciones del miembro inferior y que no se relaciona con la intensidad de dolor en las mismas.

El hallazgo de inexistencia de relación entre las puntuaciones elevadas en la dimensión dolor y la categorización del pie según FPI6 concuerdan con los hallazgos de Neb et al <sup>247</sup> que tras analizar a 45 pacientes con dolor plantar crónico no hallan correlación entre la puntuación dolorosa y los valores de FPI6. Igualmente Crosbie et al <sup>251</sup> al analizar la intensidad y localización de dolor en pacientes con pie cavo concluyen que el valor de FPI6 no es predictor de la intensidad ni la localización del dolor.

Los hallazgos en las dimensiones función y dolor pueden considerarse consistentes con hallazgos de los apartados anteriores, en los que se evidenciaba que al evaluar la altura del ALI con diferentes metodologías los datos obtenidos para el mismo grupo de sujetos no resultan concordantes. En el análisis de las puntuaciones de las dimensiones del cuestionario de Manchester se revela que las alteraciones hacia pronación detectadas mediante el FPI6 aumentan la probabilidad de que se presenten puntuaciones elevadas al evaluar las discapacidades funcionales en las actividades de la vida diaria, siendo el FPI6 una escala que refleja el posicionamiento del pie en los tres planos corporales, es comprensible que una malposición del mismo hacia la postura de pronación, considerada como menos eficiente mecánicamente, genere alteraciones en las capacidades funcionales de los individuos. **La ausencia de relación de la variable FPI6 con las puntuaciones elevadas en la dimensión dolor, hallazgo concordante con otros estudios, revela que las alteraciones posicionales del pie no se relacionan de forma directa con el padecimiento de dolor de pies, relación que si se ha hallado con la morfología plana de la huella en la cual la sensación dolorosa sería desencadenada por un exceso de presión en la planta del pie que tendría capacidad de generar lesiones dérmicas consideradas como la causa más frecuente de aparición de dolor en el pie** <sup>71</sup>.

## 7.2. Aplicabilidad de los resultados

Los resultados obtenidos nos ofrecen una imagen de cómo se relacionan los factores sexo e IMC con la altura del ALI. Se evidencia que los sujetos con IMC elevado presentan huellas más planas y esa tendencia no se presenta ni para los valores de la postura del pie ni en las mediciones antropométricas. Este hallazgo, corrobora resultados y conclusiones de estudios previos que apuntan a que en condiciones de sobrepeso y obesidad la huella plantar no tiene capacidad de reflejar la morfología ósea del ALI, planteándose una disyuntiva para analizar otras investigaciones que identifican el incremento del IMC como factor de riesgo de la morfología de ALI bajo y la patología de pie plano, especialmente en aquellos casos en los que la morfología es determinada únicamente mediante la observación y/o medición de la huella plantar. Ante estos resultados se puede justificar la necesidad de que los protocolos clínicos y de investigación orientados a clasificar morfológicamente el ALI establezcan la clasificación con la medición de dos o más parámetros, especialmente cuando la población de estudio sea diversa en cuanto a IMC.

Los valores antropométricos normalizados del ALI se revelan como diferentes para la población masculina y femenina, por lo cual ante la necesidad de establecer unos parámetros de normalidad para clasificar clínicamente el pie debería tenerse en cuenta esta condición y los valores deberían de ser establecidos de forma diferenciada para hombres y mujeres.

El análisis de concordancia y validez de las medidas antropométricas, la postura del pie y la huella plantar evidencia que la clasificación del arco longitudinal interno que se realiza según distintas mediciones no es concordante, por lo que debe recomendarse considerar inadecuado la asimilación de la morfología de la huella o la postura del pie a la altura del arco longitudinal interno.

Los resultados obtenidos muestran que el análisis de la huella plantar no permite conocer la altura real del ALI, por lo cual es necesario prescindir de la observación o medición de la huella como método de clasificación de altura del ALI y debe considerarse a la huella plantar como un reflejo del apoyo plantar del pie que nos ofrece datos importantes sobre la distribución de apoyos y presiones en el plano transversal y que posee la capacidad de mostrarnos cómo se produce el desplazamiento de cargas cuando se realiza el análisis en dinámica.

El análisis de la influencia de las variables en las puntuaciones elevadas en el cuestionario de Manchester, nos muestran que desde el ámbito clínico debe prestarse especial atención a la postura del pie como factor influyente en la capacidad funcional del individuo, el hecho de que las posturas en pronación se revelen como factor independiente de relación con discapacidad de función en la vida diaria debe orientarnos hacia el establecimiento de tratamientos que incidan en la prevención de la pronación o en su defecto en la corrección de la misma cuando sea posible.

La morfología de huella plana se ha revelado como factor de riesgo independiente en el padecimiento de dolor por lo cual, debemos considerar que el restablecimiento de equilibrio de presiones plantares puede mejorar la sintomatología dolorosa.

A pesar de estas evidencias se considera que cada situación clínica debe ser analizada de forma independiente y buscar en cada paciente el origen del dolor y la disfunción para realizar el tratamiento pertinente de forma personalizada.

### 7.3. Limitaciones y fortalezas del estudio

Las limitaciones del estudio serán reflejadas a través del análisis de cómo se ha incurrido en diferentes sesgos.

Sesgos de selección:

La selección de la muestra se realizó por conveniencia y voluntariedad de los participantes entre los pacientes, acompañantes y alumnos que acudían a las clínicas universitarias. Se selecciona este tipo de muestreo por facilidad de acceso y probabilidad de contar con la colaboración de los sujetos. Este muestreo conduce a una serie de sesgos en la investigación que no permiten extrapolar los resultados a la población general adulta, puesto que un porcentaje importante de los participantes padecía algún tipo de alteración en el pie y por ello asistía como paciente, esta condición a priori se consideró importante para poder tener datos de dolor y disfunción. Sin embargo, este tipo de muestreo impide que las medias de las variables que definen la morfología del ALI puedan ser consideradas en otros estudios como valores de referencia, puesto que en la muestra se incluye población sana y enferma.

La inclusión de alumnos de grado en Podología puede suponer la existencia de un sesgo de membrecía, puesto que este grupo es conocedor de los factores de riesgo y alteraciones podológicas y además conocen y poseen acceso a los tratamientos habituales para las dolencias del pie por lo cual sus condiciones podológicas pueden diferir de las de la población general.

Uno de los sesgos de selección que deben notificarse y afectan principalmente a los resultados del cuestionario de Manchester, es que existe un porcentaje de participantes, 36,8%, que en los meses anteriores a su participación en el estudio habían sido sometidos a algún tipo de tratamiento farmacológico, físico u ortopodológico para dolencias del pie, condición que podría haber minimizado la aparición de alteraciones funcionales y sintomatología dolorosa y que no fue analizada como variable en los modelos de regresión logística.

#### Sesgos de información o medición:

Respecto a las limitaciones del estudio, en la recogida de datos la toma de mediciones en posicionamiento natural del individuo, seleccionada por ser la habitual durante la exploración clínica y referencia en el análisis de la postura del pie, podría conllevar sesgos de atención también denominado efecto Hawthorne, el sujeto al sentirse observado podría haber variado su posicionamiento, influyendo negativamente en los resultados obtenidos en las pruebas de fiabilidad de las mediciones antropométricas normalizadas y en los valores medios obtenidos en las diferentes variables que reflejan la altura del ALI. Como ejemplo de esta situación podemos referenciar el efecto que podría tener un aumento la tensión del tibial anterior provocada por el balanceo corporal sobre la altura del tubérculo de escafoides o que el sujeto puede en un determinado momento mantener una postura del pie que no refleje su posicionamiento habitual, aunque estos efectos se describen como sesgos de la investigación son también la condición real de la exploración clínica podológica y que incluso pueden alterar la posición del pie reflejada en una prueba radiológica.

#### Sesgos de confusión:

Se han intentado minimizar los sesgos de confusión en el análisis de factores influyentes en la disfunción y el dolor realizando las regresiones logísticas multivariadas con modelos que incluían los factores que se mostraban relacionados significativamente en la regresión lineal simple.

Deben analizarse como posibles factores de confusión parámetros no controlados en la investigación como el grado de actividad física realizado durante el periodo de referencia y las posibles molestias que puede generar un sobre esfuerzo, la toma de fármacos analgésicos para el tratamiento de patologías de diversos órganos capaces de enmascarar la sensación dolorosa en el pie y el padecimiento de patologías sistémicas leves influyentes en la sensación dolorosa o grado de dolor, tales como la diabetes mellitus o la artritis reumatoidea.

Se considera que la inclusión de variables que definiesen factores morfoestructurales del miembro inferior y factores fisiológicos musculoesqueléticos hubiesen aportado mayor evidencia a las diferencias encontradas entre sexos en la altura del ALI y permitirían minimizar los sesgos de confusión posibles en este apartado.

#### Fortalezas del estudio

Como fortalezas del proceso de análisis del estudio se quiere resaltar la introducción de comprobaciones para asegurarse de la fiabilidad de los datos analizados, así antes de comenzar la realización del análisis estadístico se comprobó que no existían errores en la introducción de los datos en la base informática seleccionando de forma aleatoria un 1% de las historias clínicas y comprobando que los datos eran idénticos entre la historia en papel cubierta durante el trabajo de campo y la base de datos.

Se debe de resaltar el importante tamaño muestral y su similitud en cuanto a padecimiento de patología podológica a la población adulta que habitualmente reclama asistencia en las clínicas podológicas.

El estudio de la morfología del arco longitudinal interno con 5 variables diferentes recogidas en la misma posición del paciente permitieron evidenciar la no concordancia en la clasificación entre la huella plantar, la postura del pie y altura antropométrica del ALI. Esta consideración revela datos interesantes en el análisis de factores que influyen en la morfología del ALI, principalmente en la relación entre IMC y arco bajo que abre un posible debate científico y clínico en el estudio de los factores de riesgo de la morfología de pie plano.

La comprobación de la fiabilidad de las mediciones antropométricas normalizadas y la utilización de herramientas de medición cuya fiabilidad ya había sido demostrada previamente, como el FPI6 y AI, unidas a la condición de que todas las determinaciones fueron realizadas por la misma profesional previamente adiestrada y con más de 15 años de experiencia en el ámbito de la exploración clínica podológica formaron parte de la estrategia para minimizar los sesgos de medición.

#### 7.4. Prospectiva de futuro

Respecto a los métodos de medición de altura del ALI, estudios futuros deberían fijar el método antropométrico más fiable y válido para realizar en la exploración clínica la medición de la altura del ALI. Esta medición deberá de poseer capacidad de reflejar diferencias entre sexos y no estar correlacionado con el IMC.

El objetivo sería encontrar un valor antropométrico fiable y válido que alcance la fiabilidad y consenso necesario para que pueda ser utilizado en la práctica clínica habitual y en investigación para clasificar la altura del ALI. Se considera que la introducción de tecnología capaz de determinar con precisión la altura de las estructuras óseas y la utilización de técnicas radiográficas en el proceso de validación podría aportar evidencia necesaria para que esta medición fuese considerada como método *Gold Standard*.

La relación entre la altura del ALI y el dolor y disfunción del pie tendrá que continuar siendo explorada en estudios de poblaciones aleatorizados y estratificados con el fin de conseguir determinar si es un factor influyente en la aparición de sintomatología. Estos estudios deberán incluir la determinación de la altura del ALI mediante varias técnicas de medición con el fin de corroborar que los hallazgos que relacionan el dolor con la huella plana y la disfunción con la pronación son consistentes.

Se debe incidir en la necesidad de que en el ámbito clínico la morfología de la huella plantar debe ser observada únicamente como un reflejo de las presiones y desplazamiento de apoyos del pie en el plano transversal pero que no reflejan la morfología ósea del ALI.

## **8. CONCLUSIONES**

1. Las mediciones antropométricas normalizadas y la postura del pie muestran, entre los participantes en este estudio, la existencia de diferencias en la altura del ALI entre sexos, siendo el ALI de las mujeres más bajo que el de los hombres. Diferencias entre sexos no detectadas en la morfología de la huella plantar.
2. El valor de AI se incrementa cuando aumenta el IMC presentándose valores medios diferenciados entre los grupos de sujetos, analizados en este estudio, con normopeso, sobrepeso y obesidad. Estas diferencias no se reflejan en la postura del pie ni en las medidas de arco normalizadas.
3. Al establecer los grupos de arco bajo, normal y elevado según la morfología de la huella plantar no se obtienen valores de referencia diferenciados de las mediciones antropométricas normalizadas entre las categorías.
4. La concordancia entre la categorización de la altura del ALI establecida por los valores obtenidos de Arch Index sobre huella plantar y los valores de las medidas antropométricas normalizadas, según los datos de este estudio, es pobre, BAI Kappa= 0.186  $p < 0.001$ ; BAIT Kappa=0,206  $p < 0.001$  y AHÍ Kappa= 0,207  $p < 0.001$ .
5. La concordancia entre las categorizaciones de la altura del ALI establecida por la valoración visual del ALI y los valores de las medidas antropométricas normalizadas, es débil, BAI Kappa= 0.310  $p < 0.001$ ; BAIT Kappa=0,302  $p < 0.001$  y AHÍ Kappa= 0,289  $p < 0.001$ , según las categorizaciones obtenidas en el estudio.
6. La concordancia entre la categorización de la altura del ALI establecida por los valores obtenidos en esta investigación de Arch Index sobre huella plantar y la postura del pie según FPI6 es pobre, Kappa= 0,150  $p < 0,001$ .

7. La medición antropométrica de la altura del tubérculo de escafoides normalizada con la longitud total del pie al estimar puntos de corte para arco elevado y arco bajo, se muestra como parámetro con mayor validez para determinar la morfología del ALI si la prueba de referencia *Gold Standard* es la valoración visual del ALI. La concordancia entre la categorización de la altura del ALI establecida por la valoración visual del ALI y la categorización de BAIT según los valores de referencia de ALI elevado y ALI bajo es débil,  $Kappa=0,344$ ,  $p<0,001$ , en este estudio.

8. Las variables que evidencian en este estudio efecto predictor independiente para que el sujeto manifieste padecer alteraciones funcionales son ser mujer, presentar posición pronada del pie según categorización de FPI6 y el incremento de edad.

9. Las variables que en esta investigación evidencian efecto predictor independiente para que el sujeto manifieste padecer dolor son ser mujer, tener una morfología de huella plana categorizada según AI y el incremento de edad.

## **9. BIBLIOGRAFÍA**

1. **Buldt AK, Murley GS, Butterworth P, Levinger P, Menz HB, Landorf KB, et al.** The relationship between foot posture and lower limb kinematics during walking: A systematic review. *Gait Posture*; 2013;38 (3):363–72.
2. **Lopez AA, Goldcher A.** Reseña histórica del estudio de la biomecánica del pie. *EMC - Podol.* 2010;12(3):1–15.
3. **Harcourt-Smith WEH, Aiello LC.** Fossils, feet and the evolution of human bipedal locomotion. *J Anat.* 2004;204:403–16.
4. **Harcourt-Smith WEH, Throckmorton Z, Congdon KA, Zipfel B, Deane AS, Drapeau MSM, et al.** The foot of *Homo naledi*. *Nat Commun.* 2015;6:8432.
5. **Elftman H, Manter J.** The Evolution of the Human Foot, with Especial Reference to the Joints. *J Anat.* 1935;70(Pt 1):56–67.
6. **Saltzman CL, Nawoczinski DA, Talbot KD.** Measurement of the medial longitudinal arch. *Arch Phys Med Rehabil.* 1995;76(1):45–9.
7. **Kirby KA.** Sistema de reparto de cargas del arco longitudinal interno del pie. *Rev Española Podol.* 2017;28(1):37–45. *Rev Española Podol.* 2017;28(1):37–45.
8. **Caravaggi P, Matias AB, Taddei UT, Ortolani M, Leardini A, Sacco ICN.** Reliability of medial-longitudinal-arch measures for skin-markers based kinematic analysis. *J Biomech.* 2019;88 (9):180–5.
9. **Menz HB, Dufour AB, Riskowski JL, Hillstrom HJ, Hannan MT.** Planus Foot Posture and Pronated Foot Function are Associated with Foot Pain: The Framingham Foot Study. *Arthritis Care Res.* 2013;65(12):1991–9.
10. **McPoil TG, Hunt GC.** Evaluation and Management of Foot and Ankle Disorders: Present Problems and Future Directions. *J Orthop Sport Phys Ther.* 1995;21(6):381–8.
11. **Choi JY, Woo SH, Oh SH, Suh JS.** A comparative study of the feet of middle-

- aged women in Korea and the Maasai tribe. *J Foot Ankle Res.* 2015;8(1):1-8.
12. **Celso SR.** Caracterización Morfológica del Arco Plantar Longitudinal Medial del Pie en una Población Chilena. *Int J Morphol.* 2017; 35(1):85–91.
  13. **Stolwijk NM, Duysens J, Louwerens JWK, van de Ven YH, Keijsers NL.** Flat Feet, Happy Feet? Comparison of the Dynamic Plantar Pressure Distribution and Static Medial Foot Geometry between Malawian and Dutch Adults. *PLoS One.* 2013;8(2):1-9.
  14. **Dunn J, Dunn C, Habbu R, Bohay D, Anderson J.** Effect of Pregnancy and Obesity on Arch of Foot. *Orthop Surg.* 2012;4(2):101–4.
  15. **Zhao X, Tsujimoto T, Kim B, Katayama Y, Wakaba K, Wang Z, et al.** Effects of increasing physical activity on foot structure and ankle muscle strength in adults with obesity. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(8):2332–6.
  16. **Woźniacka R, Bac A, Matusik S, Szczygieł E, Cizek E.** Body weight and the medial longitudinal foot arch: High-arched foot, a hidden problem? *Eur J Pediatr.* 2013;172(5):683–91.
  17. **Stolzman S, Irby MB, Callahan AB, Skelton JA.** Pes Planus and Pediatric Obesity: A Systematic Review of the Literature HHS Public Access. *Clin Obes.* 2015;5(2):52–9.
  18. **Alfageme A, Ayerdi E.** Evolución de las medidas antropométricas del pie infantil . Estudio descriptivo estratificado Evolution of the anthropometric measures in children ' s feet : A stratified descriptive study. *Gac Med Bilbao.* 2017;58–62.
  19. **Zifchock RA, Davis I, Hillstrom H, Song J.** The effect of gender, age, and lateral dominance on arch height and arch stiffness. *Foot Ankle Int.* 2006 ;27(5):367–72.
  20. **Menz HB, Dufour AB, Riskowski JL, Hillstrom HJ, Hannan MT.** Planus Foot Posture and Pronated Foot Function are Associated with Foot Pain: The

- Framingham Foot Study. *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2013 Dec 1;65(12):1991–9.
21. **Williams DS, McClay IS, Hamill J.** Arch structure and injury patterns in runners. *Clin Biomech*. 2001;16(4):341–7.
  22. **Simkin A, Leichter I, Giladi M, Stein M, Milgrom C.** Combined Effect of Foot Arch Structure and an Orthotic Device on Stress Fractures. *Foot Ankle Int*. 1989;10(1):25–9.
  23. **Cowan DN, Jones BH, Robinson JR.** Foot Morphologic Characteristics and Risk of Exercise-Related Injury. *Arch Fam Med*. 1993;2(7):773–7.
  24. **Dahle LK, Mueller M, Delitto A, Diamond JE.** Visual Assessment of Foot Type and Relationship of Foot Type to Lower Extremity Injury. *J Orthop Sport Phys Ther*. 2013;14(2):70–4.
  25. **Kaufman KR, Brodine SK, Shaffer RA, Johnson CW, Cullison TR.** The effect of foot structure and range of motion on musculoskeletal overuse injuries. *Am J Sports Med*. 1999;27(5):585–93.
  26. **Yüksel O, Özgürbüz C, Ergün M, İşlegen Ç, Taşkiran E, Denerel N, et al.** Inversion/eversion strength dysbalance in patients with medial tibial stress syndrome. *Journal Sport Sci Med*. 2011;10(4):737–42.
  27. **Hillstrom HJ, Song J, Kraszewski AP, Hafer JF, Mootanah R, Dufour AB, et al.** Foot type biomechanics part 1: Structure and function of the asymptomatic foot. *Gait Posture*. 2013;37(3):445–451.
  28. **Neal BS, Griffiths IB, Dowling GJ, Murley GS, Munteanu SE, Franettovich Smith MM, et al.** Foot posture as a risk factor for lower limb overuse injury: A systematic review and meta-analysis. *J Foot Ankle Res*. 2014;7(1):1–13.
  29. **Tong JWK, Kong PW.** Association between foot type and lower extremity injuries: Systematic literature review with meta-analysis. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy J Orthop Sports Phys Ther*; 2013;

- 43(10): 700–14.
30. **AC Carrasco, MF Silva, LC Guenka, CT Silva, FA Moura, JR Cardoso.** Non-radiographic validity and reliability measures for assessing foot types: A systematic review. *Foot Ankle Surg.* 2021; 27(8):839-850
  31. **Razeghi M, Batt ME.** Foot type classification: a critical review of current methods. *Gait Posture.* 2002;15(3):282–91.
  32. **Gilmour JC, Burns Y.** The measurement of the medial longitudinal arch in children. *Foot Ankle Int.* 2001;22(6):493–8.
  33. **Buchanan KR, Davis I.** The Relationship Between Forefoot, Midfoot, and Rearfoot Static Alignment in Pain-Free Individuals. *J Orthop Sport Phys Ther.* 2005;35(9):559–66.
  34. **Bencke J, Christiansen D, Jensen K, Okholm A, Sonne-Holm S, Bandholm T.** Measuring medial longitudinal arch deformation during gait. A reliability study. *Gait Posture.* 2012;35(3):400–4.
  35. **Pohl MB, Farr L.** A comparison of foot arch measurement reliability using both digital photography and calliper methods. *J Foot Ankle Res.* 2010;14(3):14
  36. **Witana CP, Xiong S, Zhao J, Goonetilleke RS.** Foot measurements from three-dimensional scans: A comparison and evaluation of different methods. *Int J Ind Ergon.* 2006;36(9):789–807.
  37. **M Saghazadeh NKTO.** Gender differences of foot characteristics in older Japanese adults using a 3D foot scanner. *J Foot Ankle Res.* 2015;8(1):29.
  38. **Rogati G, Leardini A, Ortolani M, Caravaggi P.** Semi-automatic measurements of foot morphological parameters from 3D plantar foot scans. *J Foot Ankle Res.* 2021;14(1):1–8.
  39. **Price C, Nester C.** Foot dimensions and morphology in healthy weight, overweight and obese males. *Clin Biomech.* 2016;37:125–30.
  40. **Zuil-Escobar JC, Martínez-Cepa CB, Martín-Urrialde JA, Gómez-Conesa**

- A. Reliability and Accuracy of Static Parameters Obtained From Ink and Pressure Platform Footprints. *J Manipulative Physiol Ther.* 2016;39(7):510-517.
41. **Teyhen DS, Stoltenberg BE, Collinsworth KM, Giesel CL, Williams DG, Kardouni CH, et al.** Dynamic plantar pressure parameters associated with static arch height index during gait. *Clin Biomech.* 2009;24:391–6.
42. **Fernández-Seguín LM, Diaz Mancha JA, Sánchez Rodríguez R, Escamilla Martínez E, Gómez Martín B, Ramos Ortega J.** Comparison of plantar pressures and contact area between normal and cavus foot. *Gait Posture.* 2014;39(2):789–92.
43. **Burns J, Crosbie J, Hunt A, Ouvrier R.** The effect of pes cavus on foot pain and plantar pressure. *Clin Biomech.* 2005 Nov;20(9):877–82.
44. **Cowan DN, Robinson JR, Jones BH, Polly DW, Berrey BH** Consistency of Visual Assessments of Arch Height among Clinicians. *Foot Ankle Int.* 1994;15(4):213–7.
45. **Inui K, Ikoma K, Imai K, Ohashi S, Maki M, Kido M, et al.** Examination of the Correlation Between Foot Morphology Measurements Using Pedography and Radiographic Measurements. *J foot ankle sur.* 2017;56(2017):298–303.
46. **Teyhen DS, Stoltenberg BE, Eckard TG, Doyle PM, Boland DM, Feldtmann JJ, et al.** Static foot posture associated with dynamic plantar pressure parameters. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2011;41(2):100–7.
47. **Fascione JM, Crews RT, Wrobel JS.** Association of footprint measurements and running training level, performance success, and training specificity.. 2010;1(3):145–52
48. **Sierra-Palmeiro E, Bobo-Arce M, Fernández-Villarino M, Alonso-Tajes F, González-Martin MC, Gómez-Rivas L.** Association foot morphology and performance in rhythmic gymnastics. *Rev Int Med y Ciencias la Act Fis y del Deport.* 2020 Sep 1;20(79):567–83.

49. **Ribeiro AP, Trombini-Souza F, Tessutti V, Lima FR, Sacco N, Rodrigues Lima F, et al.** Rearfoot alignment and medial longitudinal arch configurations of runners with symptoms and histories of plantar fasciitis. *Clinics*. 2011;66(6):1027–33.
50. **Safar Cherati A, Khalifeh Soltani S, Moghadam N, Hassanmirzaei B, Haratian Z, Khalifeh Soltani S, et al.** Is there a relationship between lower-extremity injuries and foot postures in professional football players? A prospective cohort study. *Sci Med Footb*. 2021 Apr 8;1–11.
51. **Michelson JD, Durant DM, McFarland E.** The injury risk associated with pes planus in athletes. *Foot Ankle Int*. 2002;23(7):629–33.
52. **López López D, de los Ángeles Bouza Prego M, Requeijo Constenla A, Luis Saleta Canosa J, Bautista Casanovas A, Alonso Tajés F.** The impact of foot arch height on quality of life in 6-12 year olds., *Colombia Médica*. 2014;45(4):168-172.
53. **Pita-Fernandez S, Gonzalez-Martin C, Aalonso-Tajes F, Seoane-Pillado T, Pertega-Diaz S, Perez-Garcia S, et al.** Flat foot in a random population and its impact on quality of life and functionality. *J Clin Diagnostic Res*. 2017 1;11(4):22–7.
54. **Williams DS, McClay IS.** Measurements used to characterize the foot and the medial longitudinal arch: reliability and validity. *Phys Ther*. 2000;80(9):864–71.
55. **Langley B, Cramp M, Morrison SC.** Clinical measures of static foot posture do not agree. *J Foot Ankle Res*. 2016 Dec 1;9(1):45.
56. **Pita-Fernández S, González-Martín C, Seoane-Pillado T, López-Calviño B, Pértega-Díaz S, Gil-Guillén V.** Validity of footprint analysis to determine flatfoot using clinical diagnosis as the gold standard in a random sample aged 40 years and older. *J Epidemiol*. 2015;25(2):148–54.
57. **Menz HB, Munteanu SE.** Validity of 3 Clinical Techniques for the

- Measurement of Static Foot Posture in Older People. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2005 Aug 1;35(8):479–86.
58. **Murley GS, Menz HB, Landorf KB.** A protocol for classifying normal- and flat-arched foot posture for research studies using clinical and radiographic measurements. *J Foot Ankle Res.* 2009 Jul 4;2(1):22.
  59. **Real Gallego A.** Riesgos derivados de la exposición a dosis bajas de radiación ionizante. *Rev Salud Ambient.* 2010;10(1–2):43–8.
  60. X-rays - what patients need to know | IAEA [Internet]. [cited 2021 Nov 5]. Available from: <https://www.iaea.org/resources/rpop/patients-and-public/x-rays#tab01>
  61. Radiaciones ionizantes: efectos en la salud y medidas de protección [Internet]. [cited 2021 Nov 5]. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-health-effects-and-protective-measures>
  62. **McPoil TG, Cornwall MW, Vicenzino B, Teyhen DS, Molloy JM, Christie DS, et al.** Effect of using truncated versus total foot length to calculate the arch height ratio. *Foot.* 2008 Dec;18(4):220–7.
  63. **Vedi N, Dulloo P, Gandotra A.** Footprint an insight for medial longitudinal arch. *Indian J Clin Anat Physiol.* 2019;6(2):241–6.
  64. **Hawes MR, Nachbauer W, Sovak D, Nigg BM.** Footprint Parameters as a Measure of Arch Height. *Foot Ankle Int.* 1992;13(1):22–6.
  65. **Fernández P, Díaz P.** Investigación: Relación entre variables cuantitativas. Relación entre variables cuantitativas. *Cad Aten Primaria.* 1997;4:141–4.
  66. **Horwood AM, Chockalingam N.** Defining excessive, over, or hyperpronation: A quandary. *Foot.* 2017;31:49–55.
  67. **Golightly YM, Hannan MT, Dufour AB, Hillstrom HJ, Jordan JM.** Foot Disorders Associated with Over-Pronated and Over-Supinated Foot Function: The Johnston County Osteoarthritis Project HHS Public Access. *Foot*

- Ankle Int. 2014;35(11):1159–65.
68. **Hill CL, Gill TK, Menz HB, Taylor AW.** Prevalence and correlates of foot pain in a population-based study: The North West Adelaide health study. *J Foot Ankle Res.* 2008 Jul 28;1(1):1-7.
  69. **Gates LS, Arden NK, Hannan MT, Roddy E, Gill TK, Hill CL, et al.** Prevalence of foot pain across an international consortium of population based cohorts. *Arthritis care & research* May 1, 2019 p. 661.
  70. Hawke F, Burns J. Understanding the nature and mechanism of foot pain. *J Foot Ankle Res.* 2009 Jan 14;2(1).
  71. **Garrow AP, Silman AJ, Macfarlane GJ.** The cheshire foot pain and disability survey: A population survey assessing prevalence and associations. *Pain.* 2004;110(1–2):378–84.
  72. **Badlissi F, Dunn JE, Link CL, Keysor JJ, McKinlay JB, Felson DT.** Foot musculoskeletal disorders, pain, and foot-related functional limitation in older persons. *J Am Geriatr Soc.* 2005 Jun;53(6):1029–33.
  73. **López-López D, Vilar-Fernández JM, Barros-García G, Losa-Iglesias ME, Palomo-López P, Becerro-de-Bengoa-Vallejo R, et al.** Foot arch height and quality of life in adults: A strobe observational study. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15(7).
  74. **Latarjet M, Ruiz Liard A.** Anatomía humana. 4ª Edición. Buenos Aires: Edit. Médica Panamericana; 2008. 768-815
  75. **Kapandji AI. Fisiología Articular.** Tomo II. 6ª Edición. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2010. 100-120
  76. **A Asghar, S Naaz.** The transverse arch in the human feet: A narrative review of its evolution, anatomy, biomechanics and clinical implications. *Morphologie.* 2021; S1286-0115(21)00191-0
  77. **Rogers LC, Frykberg RG, Armstrong DG, Boulton AJM, Edmonds M,**

- Van GH, et al.** The Charcot Foot in Diabetes. *Diabetes Care*. 2011 Sep 1;34(9):2123–9.
78. **Kelikian AS, Sarrafian SK.** *Sarrafian's Anatomy of the Foot and Ankle: Descriptive, Topographic, Functional*. Third Edition. Philadelphia. Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; 2011. 759.
79. **Cavanagh PR, Rodgers MM, Liboshi A.** Pressure Distribution under Symptom-Free Feet during Barefoot Standing. *Foot Ankle Int*. 1987;7(5):262–78.
80. **Luger EJ, Nissan M, Karpf A, Steinberg EL, Dekel S.** Patterns of weight distribution under the metatarsal heads. *J Bone Jt Surg - Ser B*. 1999 Mar;81(2):199–202.
81. **Weijers RE, Walenkamp GHM, Kessels AGH, Kemerink GJ, van Mameren H.** Plantar pressure and sole thickness of the forefoot. *Foot Ankle Int*. 2005;26(12):1049–54.
82. **Mariano Nuñez -Samper LFLA.** *Biomecánica, cirugía y medicina del pie*. Primera. Barcelona: Masson; 1997. 26–41 p.
83. **Kirby KA.** *Biomecánica del pie y de la extremidad inferior, Volumen IV: Artículos de precision intricast 2009-2013.1ª Edición..* Payson- Arizona, 2015. 27–38 p.
84. **Camarena CÁ, Villegas WP.** *Desarrollo Y Biomecánica Del Arco Plantar*. Medigraphics. 2010;6:215–22.
85. **Dufour M.** *Anatomía del aparato locomotor. Tomo I. primera.* Masson s. ., editor. Barcelona; 2003. 101–125 p.
86. **Gould N, Moreland M, Alvarez R, Trevino S, Fenwick J, Burlington P.** Development of the Child's Arch. *Foot Ankle*. 1989;9(5):241–5.
87. **Golano P, Fariñas O, Sáenz I.** The anatomy of the navicular and periarticular structures. *Foot Ankle Clin*. 2004 Mar;9(1):1–23.

88. **Merton L Root, Williams P Orien JHW.** Función normal y anormal del pie. primera edición. Barcelona: Editorial Base; 2012.
89. **Stagni R, Leardini A, O'Connor JJ, Giannini S.** Role of Passive Structures in the Mobility and Stability of the Human Subtalar Joint: A Literature Review. *Foot Ankle Int.* 2003 May 28;24(5):402–9.
90. **Maceira E, Monteagudo M.** Subtalar Anatomy and Mechanics, *Foot and Ankle Clinics.* 2015;20(2):195–221.
91. **Nester CJ, Findlow AH.** Clinical and Experimental Models of the Midtarsal Joint. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2006 Jan 1;96(1):24–31.
92. **Mousavian A, Orapin J, Chinanuvathana A, Schon LC.** Anatomic Spring Ligament and Posterior Tibial Tendon Reconstruction: New Concept of Double Bundle PTT and a Novel Technique for Spring Ligament. *Arch bone Jt Surg.* 2017 May;5(3):201–5.
93. **Manter JT.** Movements of the subtalar and transverse tarsal joints. *Anat Rec.* 1941 Aug 1;80(4):397–410.
94. **Nester CJ, Findlow A, Bowker P.** Scientific Approach to the Axis of Rotation at the Midtarsal Joint. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2001 Feb 1;91(2):68–73.
95. **Nester CJ, Findlow AH.** Clinical and experimental models of the midtarsal joint: proposed terms of reference and associated terminology. *J Am Pod Med Assoc.* 2006 Jan 1;96(1):24–31.
96. **Hicks JH.** THE FOOT AS A SUPPORT. *Cells Tissues Organs.* 1955 Jul 1;25(1):34–45.
97. **Hahn FJY, Schapiro RL.** Brain image manifestation in the patient with cavernous sinus occlusion. *Radiology.* 1976;118(1):113–4.
98. **G BJS.** The Role of Muscles in Arch Support of the Foot. *J Bone Jt Surg Am.* 1963;45:1184-90.
99. **Stecco C, Corradin M, Macchi V, Morra A, Porzionato A, Biz C, et al.**

- Plantar fascia anatomy and its relationship with Achilles tendon and paratenon. *Journal of Anatomy* Dec, 2013 p. 665–76.
100. **Snow SW, Bohne WH o., Dicarolo E, Chang VK.** Anatomy of the Achilles Tendon and Plantar Fascia in Relation to the Calcaneus in Various Age Groups. *Foot Ankle Int.* 1995;16(7):418–21.
  101. **Munuera Martínez P V.** El primer radio : Biomecánica y ortopodología. 1ª Edición. Santander: EXA; 2012. 3–28 p.
  102. **Bonnel F, Teissier P.** Anatomía topográfica del pie. EMC - Podol. 2013 Feb 1;15(1):1–13.
  103. **Walters JL, Mendicino SS.** The flexible adult flatfoot. Anatomy and pathomechanics., *Clinics in Podiatric Medicine and Surgery.* 2014;31(3). 329–36.
  104. **Steginsky B, Vora A.** What to Do with the Spring Ligament. *Foot Ankle Clin.* 2017 Sep 1;22(3):515–27.
  105. Torres Barcelona T, Núñez-Samper M. Pie plano adquirido del adulto por disfunción del tibial posterior. Opciones para el tratamiento quirúrgico Acquired flat foot of the adult by posterior tibial dysfunction. Options for surgical treatment. *Acta Ortopédica Mex.* 2021;35(1):92–117.
  106. **Flores D V., Gómez CM, Hernando MF, Davis MA, Pathria MN.** Adult Acquired Flatfoot Deformity: Anatomy, Biomechanics, Staging, and Imaging Findings. *Radiographics.* 2019 Sep 1;39(5):1437–60.
  107. **Imhauser CW, Siegler S, Abidi NA, Frankel DZ.** The effect of posterior tibialis tendon dysfunction on the plantar pressure characteristics and the kinematics of the arch and the hindfoot. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2004;19(2):161–9.
  108. **Sulowska I, Oleksy Ł, Mika A, Bylina D, Soltan J.** The Influence of Plantar Short Foot Muscle Exercises on Foot Posture and Fundamental Movement

- Patterns in Long-Distance Runners, a Non-Randomized, Non-Blinded Clinical Trial. *PLoS One*. 2016 Jun 1;11(6).
109. **Welte L, Kelly LA, Lichtwark GA, Rainbow MJ.** Influence of the windlass mechanism on arch-spring mechanics during dynamic foot arch deformation. *J R Soc Interface*. 2018;15(145):1-8.
  110. **HICKS JH.** The mechanics of the foot II. The plantar aponeurosis and the arch. *Journal of anatomy*. 1954; 88(1):25-30.
  111. **Sarrafián SK.** Functional Characteristics of the Foot and Plantar Aponeurosis under Tibiotalar Loading. *Foot Ankle*. 1987 Aug 30;8(1):4-18.
  112. **Ker RF, Bennett MB, Bibby SR, Kester RC, Alexander RM.** The spring in the arch of the human foot. *Nature*. 1987 Jan 8;325(7000):147-9.
  113. **Hedrick MR.** The plantar aponeurosis. *Foot Ankle Int*. 1996;17(10):646-9.
  114. **Erdemir A, Hamel AJ, Fauth AR, Piazza SJ, Sharkey NA.** Dynamic Loading of the Plantar Aponeurosis in Walking. *J Bone Jt Surg - Ser A*. 2004;86(3):546-52.
  115. **Carlson RE, Fleming LL, Hutton WC.** The biomechanical relationship between the tendoachilles, plantar fascia and metatarsophalangeal joint dorsiflexion angle. *Foot Ankle Int*. 2000;21(1):18-25.
  116. **Griffin NL, Miller CE, Schmitt D, D'Août K, Ao KD.** Understanding the Evolution of the Windlass Mechanism of the Human Foot from Comparative Anatomy: Insights, Obstacles, and Future Directions. *Am J Phys Anthropol*. 2015 Jan 1;10(1):1-10.
  117. **Fuller EA.** The windlass mechanism of the foot: A mechanical model to explain pathology. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2000;90(1):35-46.
  118. **Kirby KA.** Revista Española de Podología Sistema de reparto de cargas del arco longitudinal del pie. *Rev Esp Podol*. 2017;28(1):37-45.
  119. **Yang Y, Yu G, Niu W, Zhou J, Chen Y, Yuan F, et al.** Effect of the plantar

- ligaments injury on the longitudinal arch height of the human foot. *Lect Notes Comput Sci (including Subser Lect Notes Artif Intell Lect Notes Bioinformatics)*. 2007;4689 LNBI:111–9.
120. **Xarchas KC, Tsolakidis GF.** Galen: Author of the First Flatfoot Description. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2004 Sep 1;94(5):508–9.
  121. **Cavanagh PR, Rodgers MM.** The arch index: A useful measure from footprints. *J Biomech*. 1987;20(5):547–51.
  122. **Dunn JE, Link CL, Felson DT, Crincoli MG, Keysor JJ, McKinlay JB.** Prevalence of foot and ankle conditions in a multiethnic community sample of older adults. *Am J Epidemiol*. 2004 Mar 1;159(5):491–8.
  123. **Dufour AB, Losina E, Menz HB, LaValley MP, Hannan MT.** Obesity, foot pain and foot disorders in older men and women. *Obes Res Clin Pract*. 2017 Jul 1;11(4):445–53.
  124. **Celso SR,** Characterization M, Plantar M, Arch L, Population C, Celso SR. Caracterización Morfológica del Arco Plantar Longitudinal Medial del Pie en...: EBSCOhost. *Int J Morphol*. 2017 Mar;35(1):85–91.
  125. **Murley GS, Tan JM, Edwards RM, De Luca J, Munteanu SE, Cook JL** Foot posture is associated with morphometry of the peroneus longus muscle, tibialis anterior tendon, and Achilles tendon. *Scand J Med Sci Sports*. 2014;24(3):535–41.
  126. **Burns J, Crosbie J, Ouvrier R, Hunt A.** Effective orthotic therapy for the painful cavus foot: A randomized controlled trial. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2006;96(3):205–11.
  127. **Rome K, Ashford RL, Evans A.** Non-surgical interventions for paediatric pes planus. *Cochrane Database Syst Rev*. 2010 Jul 7;(7) CD006311..
  128. **Uden H, Scharfbillig R, Causby R.** The typically developing paediatric foot: How flat should it be? A systematic review. *J Foot Ankle Res*. 2017;10(1):37.

129. **Golightly YM, Hannan MT, Dufour AB, Jordan JM.** Racial differences in foot disorders and foot type. *Arthritis Care Res.* 2012;64(11):1756–9.
130. **Scott G, Menz HB, Newcombe L.** Age-related differences in foot structure and function. *Gait Posture.* 2007 Jun;26(1):68–75.
131. **Shibuya N, Jupiter DC, Ciliberti LJ, VanBuren V, La Fontaine J.** Characteristics of adult flatfoot in the United States. *J Foot Ankle Surg.* 2010 Jul 1;49(4):363–8.
132. **Harris EJ, Vanore J V., Thomas JL, Kravitz SR, Mendelson SA, Mendicino RW, et al.** Diagnosis and treatment of pediatric flatfoot. *J Foot Ankle Surg.* 2004;43(6):341–73.
133. **Hawes MR, Sovak D.** Quantitative morphology of the human foot in a North american population. *Ergonomics.* 1994;37(7):1213–26.
134. **Mauch M, Mickle KJ, Munro BJ, Dowling AM, Grau S, Steele JR.** Do the feet of German and Australian children differ in structure? Implications for children’s shoe design..*Ergonomics* 2008 Apr;51(4):527–39.
135. **Hajaghazadeh M, Minaei RE, Allahyari T, Khalkhali H.** Anthropometric Dimensions of Foot in Northwestern Iran and Comparison with Other Populations. *Heal Scope.* 2018 Aug 31;7(3): e14063.
136. **Wunderlich RE, Cavanagh PR.** Gender differences in adult foot shape: Implications for shoe design. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(4):605–11.
137. **Hong Y, Wang L, Xu DQ, Li JX.** Gender differences in foot shape: A study of Chinese young adults. *Sport Biomech.* 2011 Jun;10(2):85–97.
138. **Butterworth PA, Landorf KB, Gilleard W, Urquhart DM, Menz HB.** The association between body composition and foot structure and function: A systematic review. *Obes Rev.* 2014;15(4):348–57.
139. **Redmond AC, Crane YZ, Menz HB.** Normative values for the Foot Posture Index. *J Foot Ankle Res.* 2008 Jul 31;1(1):1–9.

140. **Nozaki, K Watanabe, A Teramoto, T Kamiya, M Katayose, N Ogihara** Sex- and age-related variations in the three-dimensional orientations and curvatures of the articular surfaces of the human talus. *Anat Sci Int.* 2021 Mar 1;96(2):258–64.
141. **Echarri JJ, Forriol F.** The development in footprint morphology in 1851 congolese children from urban and rural areas, and the relationship between this and wearing shoes. *J Pediatr Orthop B.* 2003 Mar;12(2):141–6.
142. **Cetin A, Sevil S, Karaoglu L, Yucekaya B.** Prevalence of flat foot among elementary school students, in rural and urban areas and at suburbs in Anatolia. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2011 Jul 16;21(5):327–31.
143. **Abolarin T, Aiyegbusi A, Tella A, Akinbo S.** Predictive factors for flatfoot: The role of age and footwear in children in urban and rural communities in South West Nigeria. *Foot.* 2011 Dec;21(4):188–92.
144. **Fascione JM, Michel DA, Hammer SB, Riechman SE.** The Association Of Foot Arch Height And Running Performance. *Med Sci Sport Exerc.* 2005 May;37(Supplement):S153.
145. **Lichota M, Plandowska M, Mil P.** The Arches of the Feet of Competitors in Selected Sporting Disciplines. *pjst.* 2013 Jun 1;20(2):135–40.
146. **Butler RJ, Hillstrom H, Song J, Richards CJ, Davis IS.** Arch Height Index Measurement System. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2008 Mar 1;98(2):102–6.
147. **Xiong S, Goonetilleke RS, Witana CP, Weerasinghe TW, Au EY.** Foot arch characterization: a review, a new metric, and a comparison. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2010;100(1):14–24.
148. **Redmond AC, Crosbie J, Ouvrier RA.** Development and validation of a novel rating system for scoring standing foot posture: The Foot Posture Index. *Clin Biomech.* 2006 Jan;21(1):89–98.
149. **Mccrory JL, Young MJ, Boulton AJM, Cavanagh R.** Arch index as a

- predictor of arch height. *Foot*. 1997;7:79–81.
150. **Swedler DI, Knapik JJ, Grier T, Jones BH.** Validity of plantar surface visual assessment as an estimate of foot arch height. *Med Sci Sports Exerc*. 2010 Feb;42(2):375–80.
  151. **Hamill J, Bates BT, Knutzen KM, Kirkpatrick GM.** Relationship between selected static and dynamic lower extremity measures. *Clin Biomech*. 1989 Nov 1;4(4):217–25.
  152. **Menz HB, Fotoohabadi MR, Wee E, Spink MJ.** Visual categorisation of the arch index: a simplified measure of foot posture in older people. *J Foot Ankle Res*. 2012 Jul 3;5(1):10.
  153. **Clarke HH.** An objective method of measuring the height of the longitudinal arch in foot examinations. *Res Q Am Phys Educ Assoc*. 1933;4(3):99–107.
  154. **Lara Diéguez S, Lara Sánchez AJ, Zagalaz Sánchez ML, Martínez-López EJ.** Análisis de los diferentes métodos de evaluación de la huella plantar (Analysis of different methods to evaluate the footprint). *Retos*. 2015;19(19):49–53.
  155. **Gonzalez-Martin C, Pita-Fernandez S, Seoane-Pillado T, Lopez-Calviño B, Pertega-Diaz S, Gil-Guillen V, et al.** Variabilidad entre el ángulo de Clarke y el índice de Chippaux- Smirak para el diagnóstico de pie plano. *Colomb Med*. 2017;48(1):25–31.
  156. **Staheli LT, Chew DE, Corbett M.** The longitudinal arch. A survey of eight hundred and eighty-two feet in normal children and adults. *J Bone Joint Surg Am*. 1987 Mar 1;69(3):426–8.
  157. **Queen RM, Mall NA, Hardaker WM, Nunley JA.** Describing the Medial Longitudinal Arch Using Footprint Indices and a Clinical Grading System. *Foot Ankle Int*. 2007 Apr;28(4):456–62.
  158. **Pita-Fernandez S, González-Martín C, Seoane-Pillado T, Pertega-Diaz S,**

- Perez-García S, López-Calviño B.** Podiatric medical abnormalities in a random population sample 40 years or older in Spain. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2014;104(6):574–82.
159. **Waseda A, Suda Y, Inokuchi S, Nishiwaki Y, Toyama YW.** Standard growth of the foot arch in childhood and adolescence—Derived from the measurement results of 10,155 children. *Foot Ankle Surg.* 2014 Sep;20(3):208–14.
160. **Zuil-Escobar JC, Martínez-Cepa CB, Martín-Urrialde JA, Gómez-Conesa A.** Evaluating the Medial Longitudinal Arch of the Foot: Correlations, Reliability, and Accuracy in People With a Low Arch. *Phys Ther.* 2019 Mar 1;99(3):364–72.
161. **Nikolaidou ME, Boudolos KD.** A footprint-based approach for the rational classification of foot types in young schoolchildren. *Foot.* 2006 Jun 1;16(2):82–90.
162. **López López D, de los Ángeles Bouza Prego M, Requeijo Constenla A, Luis Saleta Canosa J, Bautista Casasnovas A, Alonso Tajés F, et al.** The impact of foot arch height on quality of life in 6-12 year olds. *Colomb Med.* 2014;45(45):168–72.
163. **Chun S, Kong S, Mun KR, Kim J.** A foot-arch parameter measurement system using a Rgb-D camera. *Sensors (Switzerland).* 2017 Aug 4;17(8):1796.
164. **Wearing SC, Grigg NL, Lau HC, Smeathers JE.** Footprint-Based Estimates of Arch Structure are Confounded by Body Composition in Adults R. *J Orthop Res.* 2012 Aug;30(8):1351–4.
165. **Wearing SC, Grigg NL, Lau HC, Smeathers JE.** Footprint-Based Estimates of Arch Structure are Confounded by Body Composition in Adults R. *J Orthop Res.* 2012 Aug;30(8):1351–4.
166. **Castro AP, Rebelatto JR, Aurichio TR, Greve P.** The influence of arthritis on the anthropometric parameters of the feet of older women. *Arch Gerontol Geriatr.* 2010 Mar;50(2):136–9.

167. **Chu WCW, Lee SH, Wang TJ, Lee MC, Woei Chyn, et al** The use of arch index to characterize arch height: a digital image processing approach. *IEEE Trans Biomed Eng.* 1995;42(11):1088–93.
168. **Cowan DN, Jones BH, Robinson JR** Foot morphologic characteristics and risk of exercise-related injury. *Arch Fam Med.* 1993;2(7):773–7.
169. **Brody DM.** Techniques in the evaluation and treatment of the injured runner. *Orthop Clin North Am.* 1982 Jul;13(3):541–58.
170. **Menz HB.** Alternative techniques for the clinical assessment of foot pronation. *J Am Podiatr Med Assoc.* 1998;88(3):119–29.
171. **Morton DJ.** Structural factors in static disorders of the foot. *Am J Surg.* 1930;9(2):315–28.
172. **Donatelli R.** Normal Biomechanics of the Foot and Ankle. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1985 Nov 1;7(3):91–5.
173. **Jonson SR, Gross MT.** Intraexaminer reliability, interexaminer reliability, and mean values for nine lower extremity skeletal measures in healthy naval midshipmen. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1997;25(4):253–63.
174. **Feiss H.** A simple method of estimating the common variations and deformities of the foot. *Am J Med Sci.* 1909 Aug;138(2):213–30.
175. **Nilsson MK, Friis R, Michaelsen MS, Jakobsen PA, Nielsen RO.** Classification of the height and flexibility of the medial longitudinal arch of the foot. *J Foot Ankle Res.* 2012 Dec 17;5(1):3.
176. **Redmond A.** The foot posture index: easy quantification of standing foot posture: six item version: FPI-6: user guide and manual. United Kingdom. 2005;(August):1–19.
177. **Mickle KJ, Munro BJ, Lord SR, Menz HB, Steele JR.** Cross-sectional analysis of foot function, functional ability, and health-related quality of life in older people with disabling foot pain. *Arthritis Care Res.* 2011

- Nov;63(11):1592–8.
178. **Menz HB, Tiedemann A, Kwan MMS, Plumb K, Lord SR.** Foot pain in community-dwelling older people: an evaluation of the Manchester Foot Pain and Disability Index. *Rheumatology*. 2006;45:863–7.
  179. **Thomas MJ, Roddy E, Zhang W, Menz HB, Hannan MT, Peat GM, et al.** The population prevalence of foot and ankle pain in middle and old age: A systematic review. *Pain*. 2011 Dec;152(12):2870–80.
  180. **Gill TK, Menz HB, Landorf KB, Arnold JB, Taylor AW, Hill CL.** Predictors of foot pain in the community: the North West Adelaide health study. *J Foot Ankle Res*. 2016 Jul 13;9(3):1-8.
  181. **Mueller MJ, Maluf KS.** Tissue Adaptation to Physical Stress: A Proposed &quot; Physical Stress Theory &quot; to Guide Physical Therapist Practice, Education, and Research. *Phys Ther*. 2002;82(4):383-403.
  182. **Wen DY, Puffer JC, Schmalzried TP.** Lower extremity alignment and risk of overuse injuries in runners. *Med Sci Sports Exerc*. 1997;29(10):1291–8.
  183. **Jia Y, Huang H, Gagnier JJ.** A systematic review of measurement properties of patient-reported outcome measures for use in patients with foot or ankle diseases. *Qual Life Res*. 2017 Aug 1;26(8):1969–2010.
  184. **Whittaker GA, Munteanu SE, Roddy E, Menz HB.** Measures of Foot Pain, Foot Function, and General Foot Health. *Arthritis Care Res*. 2020 Oct 1;72(S10):294–320.
  185. **Garrow a P, Papageorgiou a C, Silman a J, Thomas E, Jayson MI, Macfarlane GJ.** Development and validation of a questionnaire to assess disabling foot pain. *Pain*. 2000;85(1–2):107–13.
  186. **Gijon-Nogueron G, Ndosi M, Luque-Suarez A, Alcacer-Pitarch B, Munuera PV, Garrow A, et al.** Cross-cultural adaptation and validation of the Manchester Foot Pain and Disability Index into Spanish. *Qual Life Res*.

- 2014;23(2):571–9.
187. **Roddy E, Muller S, Thomas E.** Defining disabling foot pain in older adults: further examination of the Manchester Foot Pain and Disability Index. *Rheumatology (Oxford)*. 2009;48(8):992–6.
  188. **Y Hong L, WDX, JL.** Gender differences in foot shape: a study of Chinese young adults. *Sport Biomech*. 2011;10(2):85–97.
  189. **Nakao H, Imaoka M, Hida M, Imai R, Tazaki F, Morifuji T, et al.** Correlation of medial longitudinal arch morphology with body characteristics and locomotive function in community-dwelling older women: A cross-sectional study. *J Orthop Surg*. 2021 Jun 11;29(2):1–8.
  190. **Wilkerson RD, Mason MA.** Differences in men’s and women’s mean ankle ligamentous laxity. *Iowa Orthop J*. 2000;20:46–8.
  191. **Richards Cj, Card K, Song J E Al.** The Annual Meeting of the American Society of Biomechanics. In: “A Novel Arch Height Index Measurement System (AHIMS): Intra- and Inter- rater Reliability,.” 2003.
  192. **Mansourpour H, Moghaddam AS, Poursaeidesfahani M, Salehi S, Hassabi M, Yekta AHA, et al.** Relationship between Foot Posture Index and Musculoskeletal Disorders. *Ann Med Health Sci Res*. 2019;9(3):571–4.
  193. **Gijon-Nogueron G, Sanchez-Rodriguez R, Lopezosa-Reca E, Cervera-Marin JA, Martinez-Quintana R, Martinez-Nova A.** Normal values of the foot posture index in a young adult spanish population A cross-sectional study. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2015;105(1):42–6.
  194. **Alahmari KA, Kakaraparthi VN, Reddy RS, Samuel PS, Tedla JS, Rengaramanujam K, et al.** Foot posture index reference values among young adults in Saudi Arabia and their association with anthropometric determinants, balance, functional mobility, and hypermobility. *Biomed Res Int*. 2021; ID 8844356: 1- 10

195. **BK Goncalves-Carvalho, PJ Penha, NLJP Ramos, RM Andrade, AP Ribeiro, SMA Joao.** Age, Sex, Body Mass Index, and Laterality in the Foot Posture of Adolescents: A Cross Sectional Study. *J Manipulative Physiol Ther.* 2020 Sep 1;43(7):744–52.
196. **Butterworth PA, Urquhart DM, Landorf KB, Wluka AE, Cicuttini FM, Menz HB.** Foot posture, range of motion and plantar pressure characteristics in obese and non-obese individuals. *Gait Posture.* 2015;41(2):465–9.
197. **Wearing SC, Hills AP, Byrne NM, Hennig EM, McDonald M.** The arch index: A measure of flat or fat feet? *Foot Ankle Int.* 2004;25(8):575–81.
198. **Aurichio TR, Rebelatto JR, de Castro AP.** The relationship between the body mass index (BMI) and foot posture in elderly people. *Arch Gerontol Geriatr.* 2011 Mar;52(2):89-92.
199. **Nester CJ, Jarvis HL, Jones RK, Bowden PD, Liu A.** Movement of the human foot in 100 pain free individuals aged 18–45: implications for understanding normal foot function. *J Foot Ankle Res.* 2014;7(51):2–10.
200. **Song J, Kane R, Tango DN, Veur SSV, Furmato J, Komaroff E, et al.** Effects of weight loss on foot structure and function in obese adults: A pilot randomized controlled trial. *Gait Posture.* 2015;41(1):86–92.
201. **Zhao X, Tsujimoto T, Kim B, Katayama Y, Tanaka K.** Characteristics of foot morphology and their relationship to gender, age, body mass index and bilateral asymmetry in Japanese adults. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2017 May 5;30(3):527–35.
202. **Park SY, Park DJ.** Comparison of foot structure, function, plantar pressure and balance ability according to the body mass index of young adults. *Osong Public Heal Res Perspect.* 2019;10(2):102–7.
203. **Carvalho BKG de, Penha PJ, Penha NLJ, Andrade RM, Ribeiro AP, João SMA.** The influence of gender and body mass index on the FPI-6 evaluated foot posture of 10- to 14-year-old school children in São Paulo, Brazil: A cross-

- sectional study. *J Foot Ankle Res.* 2017 Jun 27;10(1):1-7.
204. **Buldt AK, Allan JJ, Landorf KB, Menz HB.** The relationship between foot posture and plantar pressure during walking in adults: A systematic review. Vol. 62, *Gait and Posture.* Elsevier B.V.; 2018. p. 56–67.
205. **Hollander K, Zech A, Rahlf AL, Orendurff MS, Stebbins J, Heidt C.** The relationship between static and dynamic foot posture and running biomechanics: A systematic review and meta-analysis. *Gait Posture.* 2019;72(January):109–22.
206. **Szczepanowska-Wolowicz B, Sztandera P, Kotela I, Zak M, Domínguez-Maldonado G.** Assessment of the Foot's Longitudinal Arch by Different Indicators and Their Correlation with the Foot Loading Paradigm in School-Aged Children: A Cross Sectional Study. *Public Health.* 2021;18:5196.
207. **Cureton TK.** The validity of footprints as a measure of vertical height of the arch and functional efficiency of the foot. *Res Q Am Phys Educ Assoc.* 1935;6:70–80.
208. **Shiang TY, Lee SJSH, Lee SJSH, Chu WC, Tzyy-Yuang Shiang, Shin-Hwa Lee S-JL and WCC.** Evaluating different footprint parameters as a predictor of Arch Height. *IEEE Eng Med Biol Mag.* 1998 Nov;17(6):62–8.
209. **Evans AM, Copper AW, Scharfbillig RW, Scutter SD, Williams MT.** Reliability of the foot posture index and traditional measures of foot position. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2003;93(1–6):203–13.
210. **Vinicombe A, Raspovic A, Menz HB.** Reliability of navicular displacement measurement as a clinical indicator of foot posture. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2001;91(5):262–8.
211. **Weiner-Ogilvie S, Dpodm S, Rome K.** The reliability of three techniques for measuring foot position. *J Am Podiatr Med Assoc.* 1998;88(8):381–6.
212. **Mall NA, Hardaker WM, Nunley JA, Queen RM.** The reliability and

- reproducibility of foot type measurements using a mirrored foot photo box and digital photography compared to caliper measurements. *J Biomech.* 2007 Jan 1;40(5):1171–6.
213. **Gijon-Nogueron G, Montes-Alguacil J, Alfageme-Garcia P, Cervera-Marin JA, Morales-Asencio JM, Martinez-Nova A.** Establishing normative foot posture index values for the paediatric population: A cross-sectional study. *J Foot Ankle Res.* 2016;9(1):1.
214. **Lee JS, Kim KB, Jeong JO, Kwon NY, Jeong SM.** Correlation of foot posture index with plantar pressure and radiographic measurements in pediatric flatfoot. *Ann Rehabil Med.* 2015 Feb;39(1):10–17.
215. **Nielsen RO, Buist I, Parner ET, Nohr EA, Sørensen H, Lind M, et al.** Foot pronation is not associated with increased injury risk in novice runners wearing a neutral shoe: A 1-year prospective cohort study. *Br J Sports Med.* 2014;48(6):440–7.
216. **Pérez-Morcillo A, Gómez-Bernal A, Gil-Guillen VF, Alfaro-Santafé J, Alfaro-Santafé JV, Quesada JA, et al.** Association between the Foot Posture Index and running related injuries: A case-control study. *Clin Biomech.* 2019 Jan 1;61:217–21.
217. **Mølgaard C, Lundbye-Christensen S, Simonsen O.** High prevalence of foot problems in the Danish population: A survey of causes and associations. *Foot.* 2010 Mar;20(1):7–11.
218. **Tanamas SK, Wluka AnE, Berry P, Menz HB, Strauss BJ, Davies-Tuck M, et al.** Relationship between obesity and foot pain and its association with fat mass, fat distribution, and muscle mass. *Arthritis Care Res (Hoboken).* 2012 Feb 1;64(2):262–8.
219. **Icart Isern M, Canela Soler J.** El uso de hipótesis en la investigación científica. *Atención Primaria.* 1998 Feb 28;21(3):172–8.
220. **Icart Isern MT;, Pulpón Segura AM.** Cómo elaborar y presentar un proyecto

- de investigación, una tesina y una tesis. 1ª. Barcelona P i E de la U de, editor. 2012. 254 p.
221. **Veiga de Cabo J, Fuente Díez E de la, Zimmermann Verdejo M.** Modelos de estudios en investigación aplicada: conceptos y criterios para el diseño. Med Segur Trab (Madr). 2008;54(210):81–8.
  222. **Fernández C, Oliveres À.** Cálculo de la muestra. ¿Cómo y por qué? GH Contin MAYO-JUNIO VOL 3 N.o 3. 2004;3:5.
  223. **Pértega-Díaz S, Pita-Fernández S.** Determinación del tamaño muestral para calcular la significación del coeficiente de correlación lineal. Cad atención primaria, ISSN-e 1134-3583, Vol 9, Nº 4, 2002, págs 209-211. 2002;9(4):209–11.
  224. **Mall NA, Hardaker WM, Nunley JA, Queen RM.** The reliability and reproducibility of foot type measurements using a mirrored foot photo box and digital photography compared to caliper measurements. J Biomech. 2007 Jan 1;40(5):1171–6.
  225. **Stotz A, Hollander K, Heidt C, Sehner S, Zech A.** Clinical Assessment of the Medial Longitudinal Arch in Children: Rater Agreement and Relationship to Objective Foot Arch Measurements. SN Compr Clin Med 2020 212. 2020 Oct 29;2(12):2763–70.
  226. **Chuckpaiwong B, Nunley JA, Queen RM.** Correlation Between Static Foot Type Measurements and Clinical Assessments. 2009;30(3):205-212
  227. **Menz HB.** Two feet, or one person? Problems associated with statistical analysis of paired data in foot and ankle medicine. Foot. 2004;14(1):2–5.
  228. **Pita S, Pértega S.** La fiabilidad de las mediciones clínicas: el análisis de concordancia para variables numéricas. Aten Primaria en la Red. 2004;(1995):1–11.
  229. **Fernández S.** La fiabilidad de las mediciones clínicas: el análisis de

- concordancia para variables numéricas. 2011;(1995):1–11.
230. **Bland JM, Altman DG.** Agreed statistics: Measurement method comparison. *Anesthesiology*. 2012 Jan;116(1):182–5.
231. Índice de masa corporal población adulta según sexo y comunidad autónoma. Población de 18 y más años. [Internet]. [cited 2022 Jan 8]. Available from: <https://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?path=/t15/p420/a2019/p06/10/&file=01004.px>
232. **Subotnick SI.** The Biomechanics of Running Implications for the Prevention of Foot Injuries. *Sports Medicine*: 1985. 2(2): 144–53.
233. **Nguyen USDT, Hillstrom HJ, Li W, Dufour AB, Kiel DP, Procter-Gray E, et al.** Factors associated with hallux valgus in a population-based study of older women and men: the MOBILIZE Boston Study. *Osteoarthr Cartil*. 2010 Jan;18(1):41–6.
234. **McPoil TG, Hunt GC.** Evaluation and Management of Foot and Ankle Disorders: Present Problems and Future Directions. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1995 Jun 1;21(6):381–8.
235. **Weimar WH, Shroyer JF.** Arch Height Index Normative Values of College-Aged Women Using the Arch Height Index Measurement System. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2013;103(3):213–7.
236. **Nozaki S, Watanabe K, Teramoto A, Kamiya T, Katayose M, Ogihara N.** Sex- and age-related variations in the three-dimensional orientations and curvatures of the articular surfaces of the human talus. *Anat Sci Int*. 2020;96(2001):258–64.
237. **Deland JT.** Adult-acquired flatfoot deformity. *J Am Acad Orthop Surg*. 2008;16(7):399–406.
238. **Kohls-Gatzoulis J, Woods B, Angel JC, Singh D.** The prevalence of symptomatic posterior tibialis tendon dysfunction in women over the age of 40

- in England. *Foot Ankle Surg.* 2009 Jun;15(2):75–81.
239. **Sorrentino R, Belcastro MG, Figus C, Stephens NB, Turley K, Harcourt-Smith W, et al.** Exploring sexual dimorphism of the modern human talus through geometric morphometric methods. *PLoS One.* 2020 Feb 1;15(2):e0229255.
240. **Sánchez Rodríguez R, Martínez Nova A, Martínez EE, Gómez Martín B, Quintana RM, Zamorano JDP.** The foot posture index anthropometric determinants and influence of sex. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2013 Sep;103(5):400–4.
241. **Jimenez-Cebrian AM, Morente-Bernal MF, Román-Bravo PD, Saucedo-Badía JF, Alonso-Ríos JA, Montiel-Luque A.** Influence of age, sex, and anthropometric determinants on the foot posture index in a pediatric population. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2017;107(2):124–9.
242. **Hashimoto M, Cheng H, Hirohashi K.** Evaluation of the function of the human foot in Two different conditions using radiography. *J Phys TherSci.* 2004;16:57–64.
243. **Jankowicz-Szymańska A, Wódka K, Kołpa M, Mikołajczyk E.** Foot longitudinal arches in obese, overweight and normal weight females who differ in age. *Homo.* 2018 Mar;69(1–2):37–42.
244. **McPoil TG, Cornwall MW, Medoff L, Vicenzino B, Forsberg K, Hilz D.** Arch height change during sit-to-stand: An alternative for the navicular drop test. *J Foot Ankle Res.* 2008;1(1):1-11.
245. **Hendry GJ, Fenocchi L, Woodburn J, Steultjens M.** Foot pain and foot health in an educated population of adults: results from the Glasgow Caledonian University Alumni Foot Health Survey. *J Foot Ankle Res.* 2018 Aug 17;11(1):48.
246. **Menz HB, Dufour AB, Katz P, Hannan MT.** Foot pain and pronated foot type are associated with self-reported mobility limitations in older adults: The

- framingham foot study. *Gerontology*. 2016;62(3):289–95.
247. **Neb M, Goyal M, Mahajan N.** Association of Chronic Plantar Heel Pain with Foot Posture and Functional Limitation – A Correlation Study . 2014;1(1):17–9.
248. **Reina-Bueno M, Munuera-Martínez P V., Pérez-García S, Vázquez-Bautista MDC, Domínguez-Maldonado G, Palomo-Toucedo IC.** Foot Pain and Morphofunctional Foot Disorders in Patients with Rheumatoid Arthritis: A Multicenter Cross-Sectional Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 May 1;18(9):5042
249. **Gill TK, Menz HB, Landorf KB, Arnold JB, Taylor AW, Hill CL.** Predictors of foot pain in the community: The North West Adelaide health study. *J Foot Ankle Res*. 2016 Jul 13;9(1):23.
250. **Ojukwu CP, Anyanwu EG, Nwafor GG.** Correlation between Foot Arch Index and the Intensity of Foot, Knee, and Lower Back Pain among Pregnant Women in a South-Eastern Nigerian Community. *Med Princ Pract*. 2017 Dec 1;26(5):480–4.
251. **Crosbie J, Burns J.** Are in-shoe pressure characteristics in symptomatic idiopathic pes cavus related to the location of foot pain? *Gait Posture*. 2008 Jan;27(1):16–22.

## **10. PRODUCCIÓN CIENTÍFICA**

Article

# Relationship of Body Mass Index and Footprint Morphology to the Actual Height of the Medial Longitudinal Arch of the Foot

Carolina Rosende-Bautista <sup>1</sup>, Pedro V. Munuera-Martinez <sup>2</sup>, Teresa Seoane-Pillado <sup>3</sup>, Maria Reina-Bueno <sup>2,\*</sup>, Francisco Alonso-Tajes <sup>1</sup>, Sergio Pérez-García <sup>1</sup> and Gabriel Domínguez-Maldonado <sup>2</sup>

- <sup>1</sup> Department of Health Sciences, University of A Coruña, 15403 Ferrol, Spain; carolina.rosende@udc.es (C.R.-B.); francisco.alonso.tajes@udc.es (E.A.-T.); sergio.perez.garcia@udc.es (S.P.-G.)  
<sup>2</sup> Department of Podiatry, University of Seville, 41009 Seville, Spain; pmunuera@us.es (P.V.M.-M.); gdominguez@us.es (G.D.-M.)  
<sup>3</sup> Preventive Medicine and Public Health Unit, Department of Health Sciences, University of A Coruña-INIBIC, 15006 A Coruña, Spain; maria.teresa.seoane.pillado@udc.es  
\* Correspondence: mreina1@us.es; Tel: +34-954-486-544



Citation: Rosende-Bautista, C.; Munuera-Martínez, P.V.; Seoane-Pillado, T.; Reina-Bueno, M.; Alonso-Tajes, F.; Pérez-García, S.; Domínguez-Maldonado, G. Relationship of Body Mass Index and Footprint Morphology to the Actual Height of the Medial Longitudinal Arch of the Foot. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021, 18, 9815. <https://doi.org/10.3390/ijerph18189815>

Received: 8 July 2021

Accepted: 14 September 2021

Published: 17 September 2021

**Publisher's Note:** MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Abstract:** The medial longitudinal arch height of the foot is linked to individual characteristics such as sex and body mass index, and these characteristics have been shown to be associated with conditions such as flat feet. In this cross-sectional descriptive study, we examined the medial longitudinal arch morphology in an adult population to determine if there are differences related to sex and body mass index, and values were obtained for the foot posture index. Normalized anthropometric measurements and arch indices were calculated from footprints. Groups, defined by sex and body mass index, were compared, and the correlations between body mass index and the variables were determined. In the population studied (266 women and 177 men), significant differences between men and women for the foot posture index and normalized arch measurements were found. Analysis of the variables related to body mass index indicated there were significant differences in arch indices. Significant differences and positive correlations were also found between the arch index and body mass index for the left and right feet among the men and women studied. The results obtained allow us to reflect on and analyze whether the medial longitudinal arch morphology classification methods used in the clinical and research setting are adequate or whether the influence of factors such as body mass index can generate confusion.

**Keywords:** foot morphology; medial longitudinal arch; foot posture index; footprint; body mass index

## 1. Introduction

Studies of flat feet [1–3] have linked medial longitudinal arch (MLA) morphology to individual characteristics such as sex, race, age, foot dimensions, and body mass index (BMI). Recent systematic revisions and meta-analyses [4,5], however, have revealed there is no internationally agreed-upon clinical method for classifying MLA height (not involving the use of ionizing radiation), making it difficult to draw conclusions from evidence linking different MLA morphologies with individual characteristics, and with foot and lower limb conditions.

Physiological characteristics, such as sexual dimorphism of the pelvis and lower limbs and sexually determined differences in ligament laxity and joint mobility [6], can affect MLA morphology. Differences in foot morphology between the sexes have been corroborated by studies aimed at improving the design of footwear [7,8] and anthropometric measurements using radiographic imaging [9]. Nevertheless, other studies involving clinical measurements of MLA morphology [10–13] have not found these differences between the sexes.

Flat foot studies point to BMI as an associated factor [3,14,15], but the alteration of footprint morphology caused by increases in BMI [16] can cause confusion if these

morphology alterations are used as the sole diagnostic method for assessing MLA height. Song et al. [17] concluded that the reduction in height that is indicated by the footprint does not reflect the same reductions in the bone structure.

One of the most common methods used in several studies [18,19] to classify MLA height is to observe and measure footprint morphology. This method has been used in several studies [20,21] that report a correlation between measurements of MLA bone structure and footprint morphology.

In another study, anthropometric measurements of MLA bone structure are described, and their validity was analyzed to determine MLA height in contrast to radiographic measurements [22]. Evans et al. [23] and McPoil et al. [24] concluded that anthropometric measurements are a valid and reliable method for clinical practice and research. In these applications, anthropometric measurements have been limited by the lack of reference ranges, as well as the complexity of the devices used in the studies.

The objectives of the present study were to describe MLA morphology in an adult population using three measurement techniques and to establish whether differences in the values that determine MLA are connected to sex and BMI.

To determine the relevance of MLA morphology in the diagnosis and treatment of biomechanical pathologies of the foot, the influence of factors such as sex and BMI need to be accounted for, as well as whether the methods used to classify MLA height may be influenced by these factors. This would allow us to determine if an analyzed factor, such as excess weight, is really a causal factor for MLA alterations, or if the method used to perform the classification is influenced by that factor.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Research Study Design and Sample Selection

A cross-sectional descriptive study using non-probabilistic convenience sampling was carried out between October 2017 and June 2018. Participants included patients (61.5%  $n = 260$ ), their companions (22.9%  $n = 97$ ), and students (15.6%  $n = 66$ ) at the University Clinic of Podiatry in Ferrol (University of A Coruña) and the Clinical Area for Podiatry of the Nursing, Physiotherapy and Podiatry Department at the University of Seville. Informed consent was given by all participants in this study, which was reported on favorably by the Research Ethics Committee of Galicia (registry code 2015/516).

For inclusion in the study, participants were required to be over 18 years of age, regardless of foot type. Criteria for exclusion included serious foot or leg injuries (fractures, pathological processes in the acute phase, etc.), serious neurological or joint conditions or diseases (paralysis, ankylosis, etc.), congenital lower limb malformation or deformity (club foot, etc.), or previous foot surgery; the initial interviews allowed us to not recruit people affected by these pathologies.

Of the 423 individuals that took part in the study, 50% were estimated to have morphological alterations to their MLAs, with a confidence level of 95% and  $\pm 5\%$  accuracy, and assuming a 10% loss.

### 2.2. Data Collect

At both locations (Ferrol and Sevilla), data were collected by a single observer with over 15 years of experience in foot evaluation.

The socio-demographic variables of sex and age were obtained, along with anthropometric variables for weight (kg) and height (cm).

All foot measurements and assessments were performed on subjects in a bipedal posture at their own angle and base while walking, which allowed for the most natural distribution of load for the individual. The values used were an average of three measurements made in the same exploratory act by a single observer.

The fact that anthropometric measurement techniques are, clinically, the least used in our profession led us to conduct a reliability test of the anthropometric measurement method for 122 feet, and the intraclass correlation coefficient (ICC) was calculated for the

intraobserver and interobserver, as well as the average differences between measurements, using 95% estimated confidence intervals (CIs).

Two observers took anthropometric measurements from 61 people using the methodology described above. Observer 1 took each measurement twice, with 7–10 days of separation between measurements. Observer 2 took the measurements once, coinciding with the first measurements taken by Observer 1, in a different examination room.

### 2.3. Foot Posture

To determine foot posture while standing, the validated scale for clinical use, the Foot Posture Index 6 (FPI-6), was used, which was defined by Redmond et al. [25]. Patient assessments and classifications of foot posture were performed following the FPI-6 user guide. The FPI-6 values obtained for each foot (−12 to +12) were treated as continuous variables and as categorical variables, according to the guide's instructions.

### 2.4. Anthropometric Measurement of MLA

The normalized anthropometric measurements of MLA height were taken according to a specific methodology that was identical for all participants, similar to that previously used by Williams et al. [26], McPoil et al. [24], and Evans et al. [23].

Following the methodology described by Mall et al. [27], the navicular tubercle and the distal medial end of the first metatarsal were marked. Once the anatomical points of reference were located, measurements were taken (with the patient standing) using a millimeter-marked foot sizer and two millimeter-marked rulers (set square and triangle), whose shapes allowed them to be placed stably on the transverse plane for accurate measurements on the sagittal plane. The following variables were measured: total foot length (from the back of the heel to the most distal point on the longest toe), truncated length (length from the back of the heel to the most distal point on the head of the first metatarsal), navicular tubercle height (height from the ground to the lowest point of the navicular tubercle), and height of the bridge to 50% of the total length (height of the bridge of the foot at the point where it coincides longitudinally with 50% of the total length).

Once the arch height measurements were obtained, the values were normalized to the different lengths, and the following variables were defined:

**Bony arch index (BAI):** navicular tubercle height/total length;

**Bony arch index truncated (BAIT):** navicular tubercle height/truncated length;

**Arch height index (AHI):** bridge height 50% length/length.

### 2.5. Footprint Measurement

The Arch Index (AI) was the method chosen to measure and classify footprint morphology. Footprints were obtained using a manual ink pedigraph, digitalized, and measured using AutoCAD software (Autodesk Inc., San Rafael, CA, USA), following the methodology defined by Cavanagh and Rogers [28]. They were then classified, according to the values obtained, as cavus footprints when the AI was <0.21, as normal when the AI was 0.21–0.26, and as flat when the AI was >0.26.

### 2.6. Statistical Analysis

A univariate analysis was performed describing the qualitative variables as absolute values and percentages. The quantitative variables are reported as average values ± standard deviation, median, and range.

The possible associations between the qualitative variables were checked using the chi-squared test, or Fisher's exact test. The average values were compared using the unpaired Student's *t*-test when two groups were considered, and the ANCOVA test for more than two groups. Non-parametric, Mann-Whitney *U*, and Kolmogorov–Smirnov contrasts were used for numerical variables not conforming to normal distributions. Correlations between BMI and the quantitative variables of MLA morphology were analyzed, and the Spearman's  $\rho$  was calculated using IBM SPSS Statistics 22 software (IBM, Armonk, NY,

USA) and Epidat version 3.1 (Dirección Xeral de Innovación e Xestión da Saúde Pública, Xunta de Galicia and Pan American Health Organization—PAHO-WHO).

### 3. Results

Of the 423 individuals included in the study, 63.03% were women. The average age was  $44.4 \pm 18.9$ , and 252 of the individuals (59.6%) were obese or overweight.

A significant link between sex and categorized BMI was identified, with 53% of the women being overweight or obese vs. 70.7% of the men (Appendix A, Table A1).

Appendix A, Table A2 presents the values for the variables related to foot posture, MLA morphology, and footprint measurements.

The average MLA variable measures were found to be similar for both left and right feet. According to the FPI-6 classification, for the left limb, 41.5% of the feet were normally positioned, followed by 38.2% of the feet that were found to be slightly or markedly overpronated, and 20.4% that were slightly or markedly oversupinated. Similar percentages were obtained for the right limb (44.4% normal; 36.6% slightly or markedly overpronated; 18.9% slightly or markedly oversupinated).

AI categorization revealed that the most common footprints fell within the values of a normal arch for both feet (left foot = 38.6%; right foot = 43.6%).

In the reliability test of the normalized anthropometric measurements, the values obtained were found to have good or very good concordance in the intraobserver tests—ICC (BAI) = 0.92; ICC (AHI) = 0.87; ICC (BAIT) = 0.94—and good concordance in the interobserver tests—ICC (BAI) = 0.78; ICC (AHI) = 0.79; ICC (BAIT) = 0.73. See Appendix A, Table A3.

#### 3.1. Analysis of Sex-Related Differences

Significant differences were found in the average FPI-6 values between men and women, with the men having markedly lower values than the women for both feet (left foot:  $2.5 \pm 4.9$  vs.  $3.9 \pm 4.5$ ; right foot:  $2.6 \pm 5.0$  vs.  $3.7 \pm 4.2$ ). Significant differences were also identified in the total and normalized anthropometric measurements (Appendix A, Table A4). It should be noted, however, that no significant differences were found in the average AI values, and that categorization of the variable did show a significant link with the sex of the patient in both feet. For the left side, 46.5% of the men had normal feet and 20.4% had a high arch, while 34.0% of the women had normal feet and 30.9% had a high arch. For the right side, among the men, 42.0% had normal feet and 41.4% had a high arch. The percentages for the women were, respectively, 44.5% and 30.9% (Appendix A, Table A4).

The lengths and heights showed significantly higher average values for men compared to women. Normalizing height did not eliminate these differences between the sexes, which were significant for the BAI, AHI, and BAIT (Appendix A, Table A4).

#### 3.2. Analysis of BMI-Related Differences

Analysis of the variables registered for BMI revealed no significant differences between the groups in either the FPI-6 or normalized MLA measurements. The average AI values were significantly higher ( $p < 0.001$ , Appendix A, Table A5) in the group of participants who were obese ( $0.27 \pm 0.048$ ) and overweight ( $0.25 \pm 0.057$ ) compared to the group with normal weight ( $0.22 \pm 0.056$ ).

Analysis by sex revealed statistically significant differences in the group of men for AI values and no significant differences for the categorized AI. Among the women, the differences were significant in both feet for the BAI, BAIT, and AI values, and the categorized AI. No significant differences in the FPI-6 values were found, nor were they found in the categorization of FPI-6 for either of the sexes (Appendix A, Table A6).

A positive correlation was found between the BMI and AI values among men ( $r = 0.201$ ,  $p = 0.011$  for the left foot and  $r = 0.187$ ,  $p = 0.019$  for the right foot). This correlation was also found in women ( $r = 0.463$ ,  $p < 0.001$  for the left foot and  $r = 0.441$ ,  $p < 0.001$  for the

right foot). A linear correlation was found for men between the BAI for both feet ( $r = 0.003$ ,  $p = 0.973$  for the left foot and  $r = -0.0017$ ,  $p = 0.834$  for the right foot), while the BAIT variables ( $r = 0.019$ ,  $p = 0.816$  for the left foot and  $r = -0.0017$ ,  $p = 0.834$  for the right foot) were negative and significant only in the women: BAI ( $r = -0.160$ ,  $p = 0.009$  left foot and  $r = -0.162$ ,  $p = 0.008$  right foot) and BAIT ( $r = -0.161$ ,  $p = 0.009$  left foot and  $r = -0.168$ ,  $p = 0.006$  right foot) (Appendix A, Table A6).

#### 4. Discussion

This study analyzed MLA characteristics in a population that was diverse in age and podiatric health. The average values obtained were close to the average values that have been reported in previous studies [24,29] carried out on similarly diverse populations, even though, in this study, non-probability sampling was carried out. The fact that our sampling included subjects with and without foot disorders and of different ages likely allows the results in some parameters to be consistent with other studies.

The results indicate sex-related differences in MLA height. The women studied were found to have a greater tendency for overpronation and lower normalized MLA height measurements than the men studied. Footprint morphology did not reflect these differences, which may be due to the influence of other factors that affect footprint morphology, such as BMI.

The significant differences in average FPI-6 values between the sexes, with a higher average value found among the women than the men (Appendix A, Table A4), which was undetected in other studies [12,25], could be explained by the physiological characteristics of women (greater ligament laxity, greater range of articular movement, and lesser muscular strength) and sexual dimorphism (wider pelvis, altered Q angle, and tendency towards genu valgum among women), which affect MLA morphology.

As in previous studies [12,30,31], no statistical significance or correlation was found between the FPI-6 values and the different BMI groups among the men or the women.

The methods used for MLA measurements were found to have good interobserver and intraobserver reliability (Appendix A, Table A2), which were lower than those used in previous studies by Butler et al. [10] and Mc Poil et al. [24].

The average values obtained from the population were close to those referenced by McPoil et al. [24]. Significant differences between the sexes were found for both feet in both absolute and normalized values (Table A4), with longer feet and higher MLA identified in men. These results accord with those reported by Hashimoto et al. [9], who used radiographic measurements, and Zaho et al. [32], who used 3D scanner measurements, and results from studies on footwear design [7,8], which have all pointed to existing differences between the sexes in MLA contour. Additionally, these results accord with those presented by Mc Poil et al. [24] regarding the AHI. These differences between the sexes were not identified in the studies of physically active populations with asymptomatic feet by Butler et al. [10], Zifchock et al. [11], Wunderlich and Cavanagh [7], or Xiong et al. [13]. The heterogeneous nature of the population for this study may explain the novel results not reported in previous studies whose populations were selected for certain characteristics.

Regarding the relation between MLA height and BMI, the results obtained report important discrepancies when comparing different methods of measurement. The FPI-6 and AHI values were not significantly different between either different BMI groups or across the sexes. The BAI and BAIT values were found to have differences only in the group of women, and the AI appeared to be a parameter positively correlated with BMI in women and men. Consequently, we believe caution should be applied when interpreting results relating to MLA morphology and obesity when the parameter for categorizing MLA height was obtained using the AI or footprints. This is because, as observed in this study, other measurements do not indicate alterations of MLA height in groups categorized by BMI. Based on these results, we consider that in the obese and overweight populations, the MLA measurements of the footprint may not be valid to classify morphology. We should

consider in future research if other measurements to classify the morphology of the ALI through the footprint are also influenced by BMI.

In the study, the analysis of BAI, AHI, and BAIT values in groups categorized by BMI showed different results according to sex. Among men, BMI had no influence on these values and no significant correlations were found. Among women, normalized navicular tubercle height values (BAI and BAIT) were found to have differences according to BMI, and a significant non-linear negative correlation between BAI and BAIT variables with BMI was identified (R-values ranged between  $-0.160$  and  $-0.168$ , Appendix A, Table A6).

The average AI values for men and women were not significantly different between the sexes, which is in agreement with the results of previous footprint analysis studies [3,13,18]. In AI categorization, differences between the sexes appeared, which included discrepancies according to laterality (Appendix A, Table A4).

The AI values, when grouped by BMI, had (for both feet and both sexes) significant differences between groups, with a clear increase in AIs occurring in individuals with higher BMIs. Correlation analysis confirmed a significant positive correlation between AIs and BMIs in both sexes, with R-values found to be higher among women (Appendix A, Table A6). The AI categorization of BMI groups (with significant differences found only among women) suggests that low arch morphology is more common among obese individuals.

One limitation of this study was that while collecting data, measurements taken from individuals in a natural posture who were chosen for their being accustomed to clinical exploration could introduce attention bias (if feeling watched, subjects may change their postures). This may negatively affect the results obtained in the reliability test for the normalized anthropometric measurements. Furthermore, differences in MLA morphology between the sexes could have been shown more clearly if data had been obtained regarding physiological factors, morphological characteristics of the lower limbs, and the degree of physical activity, to limit possible confounding bias.

## 5. Conclusions

In the population studied, significant differences were found between men and women for FPI-6 values and normalized arch measurements. Analysis of the variables related to BMI indicated that there were significant differences between the sexes for the arch index. Significant differences and positive correlations were also found between the arch index and body mass index for the left and right foot among men and women. The results obtained allow us to reflect on whether the MLA morphological classification methods commonly used individually in clinical and research settings are adequate for establishing the categorization of MLA morphology or whether the existence of influences of factors intrinsic to the individual, such as sex or BMI, can lead us to establish the need to always perform the classification of the morphology of the MLA according to the results obtained with two or more methods.

Future studies should determine the most reliable and valid method for the measurement of MLA height during clinical exploration. Given the results obtained, we propose that normalized anthropometric measurements might be the clinical technique that allows us to classify the morphology of the ALI with greater rigor.

**Author Contributions:** Conceptualization, C.R.-B. and Y.S.-P.; methodology, P.V.M.-M. and G.D.-M.; software, S.P.-G.; validation, F.A.-Y. and G.D.-M.; formal analysis, M.R.-B.; investigation, C.R.-B. and S.P.-G.; resources, G.D.-M.; data curation, Y.S.-P. and G.D.-M.; writing—original draft preparation, G.D.-M., C.R.-B. and P.V.M.-M.; writing—review and editing, M.R.-B. and Y.S.-P.; visualization, F.A.-Y.; supervision, P.V.M.-M.; project administration, G.D.-M. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** This research received no external funding.

**Institutional Review Board Statement:** The study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki and approved by the Research Ethics Committee of Galicia (registry code 2015/516).

**Informed Consent Statement:** Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest.

## Appendix A

**Table A1.** Sociodemographic and anthropometric characteristics of the participants.

Characteristics	All Subjects (n = 423)		Men 157 (36.96%)	Women 266 (63.03%)	p
	n (%)	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	
Age (years)		44.43 ± 18.87	45.20 ± 18.17	43.98 ± 19.29	0.357
Weight (kg)		73.94 ± 15.12	82.83 ± 12.86	68.71 ± 13.87	<0.001
Height (m)		1.65 ± 0.09	1.73 ± 0.07	1.60 ± 0.07	<0.001
BMI (kg/m <sup>2</sup> )		27.10 ± 5.21	27.66 ± 4.34	26.77 ± 5.66	0.073
<b>BMI SCORE</b>			n (%)	n (%)	
Underweight	2 (0.5)		0	2 (0.8)	0.002
Normal Weight	169 (40.0)		46 (29.3)	123 (46.2)	
Overweight	147 (34.8)		70 (44.6)	77 (28.9)	
Obesity	105 (24.8)		41 (26.1)	64 (24.1)	

Underweight (body mass index) BMI ≤ 18.5 kg/m<sup>2</sup>; normal weight: 18.5 kg/m<sup>2</sup> ≤ BMI < 25 kg/m<sup>2</sup>; overweight: 25 kg/m<sup>2</sup> ≤ BMI < 30 kg/m<sup>2</sup>; obesity ≥ 30 kg/m<sup>2</sup>.

**Table A2.** Descriptive values of Foot Posture Index 6, anthropometric measurements of MLA and arch index on both feet.

Measurements	Left Foot		Right Foot	
	Mean ± SD	Median (Rank)	Mean ± SD	Median (Rank)
FPL-6	3.35 ± 4.70	4 (−9–12)	3.31 ± 4.56	4 (−12 + 12)
Navicular tubercle height (cm)	3.96 ± 0.78	4.00 (1.50–6.50)	4.12 ± 0.76	4.1 (1.50–6.80)
Total foot length (cm)	24.92 ± 1.61	24.80 (21.40–29.30)	24.91 ± 1.61	24.8 (21.4–29.30)
Truncated foot length (cm)	18.08 ± 1.24	18 (15.00–21.00)	18.19 ± 1.23	18 (15–22)
Dorsal height 50% length (cm)	5.77 ± 0.62	5.8 (4.00–8.10)	5.80 ± 0.58	5.8 (4.20–7.80)
BAI	0.15 ± 0.02	0.15 (0.06–0.25)	0.16 ± 0.02	0.16 (0.06–0.27)
AHI	0.23 ± 0.02	0.23 (0.16–0.32)	0.23 ± 0.01	0.23 (0.17–0.31)
BAIT	0.39 ± 0.03	0.40 (0.27–0.52)	0.39 ± 0.03	0.39 (0.30–0.52)
AI	0.24 ± 0.06	0.25 (0.00–0.38)	0.24 ± 0.06	0.25 (0.03–0.39)
<b>SCORE</b>		n (%)		n (%)
FPL-6	Neutral (0–+5)	175 (41.5%)	188 (44.4%)	
	Pronated (+6–+9)	118 (28%)	122 (28.8%)	
	Highly pronated (+10–+12)	43 (10.2%)	33 (7.8%)	
	Supinated (−1–−4)	61 (14.5%)	57 (13.5%)	
	Highly supinated (−5–−12)	25 (5.9%)	23 (5.4%)	
AI	Normal arch (0.21–0.26)	163 (38.6%)	184 (43.6%)	
	Flat arch (>0.26)	145 (34.4%)	147 (34.8%)	
	Cavus arch (<0.21)	114 (27%)	91 (21.6%)	

FPL-6: Foot Posture Index 6; BAI: Bony arch index; AHI: Arch height index; BAIT: Bony arch index truncated; AI: Arch Index.

**Table A3.** Intraobserver and interobserver reliability test of the anthropometric measurement

	Intraobserver		Interobserver	
	SEM (95% CI)	ICC (95%)	SEM (95% CI)	ICC (95%CI)
BAI	0.0058 (0.0050; 0.0065)	0.9217 (0.8899–0.9446)	0.0122 (0.0107–0.0137)	0.7822 (0.7026–0.8425)
AHI	0.0049 (0.004; 0.0057)	0.8687 (0.8175–0.9063)	0.0076 (0.0065–0.0086)	0.7932 (0.7170–0.8507)
BAIT	0.0079 (0.0069; 0.0089)	0.9409 (0.9167–0.9583)	0.0186 (0.0162–0.0209)	0.7326 (0.6385–0.8051)

SME: Standard error of measurements; BAI: bony arch index = navicular tubercle height/total foot length; AHI: arch height index = dorsal height 50% length/total foot length; BAIT: Bony arch index truncated = navicular tubercle height/truncated foot length; ICC: intraclass correlation coefficient.

**Table A4.** Differences in medial longitudinal arch morphology according to gender.

Measurements	Left Foot			Right Foot			
	Men	Women	<i>p</i>	Men	Women	<i>p</i>	
	Mean ± SD	Mean ± SD		Mean ± SD	Mean ± SD		
FPI-6	2.48 ± 4.87	3.85 ± 4.54	0.004	2.62 ± 5.02	3.72 ± 4.23	0.021	
Navicular tubercle height	4.35 ± 0.80	3.75 ± 0.67	<0.001	4.52 ± 0.8	3.89 ± 0.62	<0.001	
Total foot length	26.38 ± 1.28	24.06 ± 1.09	<0.001	26.36 ± 1.30	24.06 ± 1.08	<0.001	
Truncated foot length	19.13 ± 1.00	17.46 ± 0.90	<0.001	19.23 ± 1.04	17.58 ± 0.89	<0.001	
Dorsal height 50% length	6.24 ± 0.51	5.50 ± 0.519	<0.001	6.25 ± 0.52	5.54 ± 0.45	<0.001	
BAI	0.16 ± 0.03	0.15 ± 0.03	0.001	0.17 ± 0.03	0.16 ± 0.03	0.001	
AHI	0.24 ± 0.02	0.23 ± 0.02	<0.001	0.24 ± 0.02	0.23 ± 0.02	0.001	
BAIT	0.23 ± 0.04	0.21 ± 0.04	0.002	0.24 ± 0.04	0.22 ± 0.04	<0.001	
Arch index	0.24 ± 0.05	0.24 ± 0.06	0.226	0.25 ± 0.05	0.24 ± 0.06	0.062	
SCORES	<i>n</i> (%)	<i>n</i> (%)	<i>p</i>	<i>n</i> (%)	<i>n</i> (%)	<i>p</i>	
FPI-6	Normal (0–+5)	60 (38.5)	115 (43.2)	0.072	65 (41.4)	123 (46.2)	0.015
	Pronated (+6–+9)	43 (27.6)	75 (28.2)		46 (29.3)	76 (28.6)	
	Highly pronated (+10–+12)	12 (7.7)	31 (11.7)		9 (5.7)	24 (9.0)	
	Supinated (–1––4)	26 (16.7)	35 (13.2)		21 (13.4)	36 (13.5)	
	Highly supinated (–5––12)	15 (9.6)	10 (3.8)		16 (10.2)	7 (2.6)	
AI	Normal arch (0.21–0.26)	73 (46.5)	90 (34.0)	0.017	66 (42.0)	118 (44.5)	0.046
	Flat arch (>0.26)	52 (33.1)	93 (35.1)		65 (41.4)	82 (30.9)	
	Cavus arch (<0.21)	32 (20.4)	82 (30.9)		26 (16.6)	65 (24.5)	

BAI: bony arch index = navicular tubercle height/total foot length; AHI: arch height index = dorsal height 50% length/total foot length; BAIT: bony arch index truncated = navicular tubercle height/truncated foot length.

**Table A5.** Differences in medial longitudinal arch morphology according to body mass index.

Measurements	Left Foot					Right Foot				
	Normal Weight	OverWeight	Obesity	<i>p</i>	BMI ( <i>p</i> )	Normal Weight	OverWeight	Obesity	<i>p</i>	BMI ( <i>p</i> )
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD			Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD		
FPI-6	1.74 ± 4.74	2.66 ± 5.01	2.66 ± 4.79	0.404	0.005 (0.263)	1.76 ± 5.01	2.66 ± 4.73	2.60 ± 5.07	0.366	0.001 (0.260)
BAI	0.17 ± 0.03	0.17 ± 0.03	0.16 ± 0.03	0.966	0.001 (0.973)	0.17 ± 0.03	0.16 ± 0.03	0.16 ± 0.03	0.636	<0.07 (0.606)
AHI	0.23 ± 0.02	0.24 ± 0.02	0.24 ± 0.02	0.365	0.009 (0.257)	0.24 ± 0.02	0.24 ± 0.02	0.24 ± 0.02	0.612	0.009 (0.216)
BAIT	0.23 ± 0.04	0.23 ± 0.05	0.23 ± 0.05	0.901	0.019 (0.054)	0.23 ± 0.03	0.22 ± 0.04	0.22 ± 0.04	0.663	<0.07 (0.604)
Arch index	0.23 ± 0.05	0.24 ± 0.05	0.24 ± 0.05	0.650	0.205 (0.071)	0.23 ± 0.05	0.22 ± 0.06	0.23 ± 0.05	0.679	0.019 (0.616)

Table A5. Cont.

Measurements	Left Foot				Right Foot					
	Normal Weight	Over-Weight	Obesity	p	Normal Weight	Over-Weight	Obesity	p		
<b>A15CDRE</b>	n (%)	n (%)	n (%)	p	n (%)	n (%)	n (%)	p		
Normal arch (0.25–0.26)	20 (41.5)	24 (46.4)	19 (46.3)	0.467	23 (50.0)	29 (41.4)	14 (44.1)	0.067		
Flat arch (0–0.24)	14 (30.4)	25 (46.0)	17 (41.5)		12 (26.1)	30 (42.6)	23 (66.1)			
Curved arch (0.020)	12 (26.1)	15 (27.4)	5 (12.2)		11 (23.6)	11 (15.7)	4 (10.4)			
<b>WOMEN</b>	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	p	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	p	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
FFA	3.09 ± 4.26	3.79 ± 4.74	4.03 ± 4.61	0.372	0.007 (0.003)	3.01 ± 4.08	3.62 ± 4.45	3.69 ± 4.33	0.063	-0.015 (0.006)
BAI	0.16 ± 0.03	0.15 ± 0.03	0.15 ± 0.03	0.023	-0.160 (0.008)	0.17 ± 0.02	0.16 ± 0.03	0.15 ± 0.03	0.016	-0.162 (0.008)
AHI	0.23 ± 0.02	0.24 ± 0.02	0.24 ± 0.02	0.466	-0.060 (0.326)	0.23 ± 0.02	0.23 ± 0.02	0.23 ± 0.02	0.079	0.016 (0.790)
BAIT	0.22 ± 0.04	0.21 ± 0.04	0.21 ± 0.05	0.023	-0.147 (0.008)	0.23 ± 0.03	0.22 ± 0.04	0.21 ± 0.04	0.012	-0.150 (0.006)
Arch Index	0.21 ± 0.06	0.21 ± 0.06	0.20 ± 0.06	<0.001	0.463 (0.001)	0.22 ± 0.05	0.21 ± 0.06	0.20 ± 0.05	<0.001	0.401 (0.001)
<b>A15CDRE</b>	n (%)	n (%)	n (%)	p	n (%)	n (%)	n (%)	p		
Normal arch (0.25–0.26)	43 (65.6)	29 (57.7)	17 (36.4)	<0.001	44 (62.0)	30 (41.4)	21 (32.4)	<0.001		
Flat arch (0–0.24)	22 (37.0)	38 (64.3)	40 (62.5)		17 (23.6)	28 (36.4)	37 (57.6)			
Curved arch (0.020)	36 (60.2)	17 (22.1)	7 (10.6)		42 (64.1)	17 (22.1)	6 (9.4)			

BAI bony arch index = navicular tubercle height/total foot length; AHI arch height index = dorsal height 50% length/total foot length; BAIT: bony arch index truncated = navicular tubercle height/truncated foot length. Underweight: BMI ≤ 18.5 kg/m<sup>2</sup>; normal weight: 18.5 kg/m<sup>2</sup> ≤ BMI < 25 kg/m<sup>2</sup>; overweight: 25 kg/m<sup>2</sup> ≤ BMI < 30 kg/m<sup>2</sup>; obesity ≥ 30 kg/m<sup>2</sup>.

Table A6. Differences and correlation in medial longitudinal arch morphology according to body mass index by gender.

Measurements	Left Foot				Right Foot					
	Normal Weight	Over-Weight	Obesity	p	Normal Weight	Over-Weight	Obesity	p		
<b>MIN</b>	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	p	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	p	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
FFA	1.74 ± 4.74	2.06 ± 5.01	2.40 ± 4.79	0.424	0.005 (0.260)	1.76 ± 5.31	2.06 ± 4.73	2.40 ± 5.17	0.306	0.003 (0.286)
BAI	0.17 ± 0.03	0.17 ± 0.03	0.16 ± 0.03	0.906	0.003 (0.003)	0.17 ± 0.02	0.16 ± 0.03	0.16 ± 0.03	0.006	-0.017 (0.004)
AHI	0.23 ± 0.02	0.24 ± 0.02	0.24 ± 0.02	0.365	0.009 (0.207)	0.24 ± 0.02	0.24 ± 0.02	0.24 ± 0.02	0.412	0.009 (0.216)
BAIT	0.23 ± 0.04	0.23 ± 0.05	0.23 ± 0.05	0.901	0.019 (0.004)	0.23 ± 0.03	0.22 ± 0.04	0.21 ± 0.04	0.063	-0.017 (0.004)
Arch Index	0.23 ± 0.05	0.24 ± 0.05	0.26 ± 0.05	0.010	0.201 (0.011)	0.22 ± 0.05	0.21 ± 0.06	0.20 ± 0.05	0.019	0.107 (0.016)
<b>A15CDRE</b>	n (%)	n (%)	n (%)	p	n (%)	n (%)	n (%)	p		
Normal arch (0.25–0.26)	20 (41.5)	24 (46.4)	19 (46.3)	0.467	23 (50.0)	29 (41.4)	14 (44.1)	0.067		
Flat arch (0–0.24)	14 (30.4)	25 (46.0)	17 (41.5)		12 (26.1)	30 (42.6)	23 (66.1)			
Curved arch (0.020)	12 (26.1)	15 (27.4)	5 (12.2)		11 (23.6)	11 (15.7)	4 (10.4)			
<b>WOMEN</b>	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	p	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	p	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
FFA	3.09 ± 4.26	3.79 ± 4.74	4.03 ± 4.61	0.372	0.007 (0.003)	3.01 ± 4.08	3.62 ± 4.45	3.69 ± 4.33	0.063	-0.015 (0.006)
BAI	0.16 ± 0.03	0.15 ± 0.03	0.15 ± 0.03	0.023	-0.160 (0.008)	0.17 ± 0.02	0.16 ± 0.03	0.15 ± 0.03	0.016	-0.162 (0.008)
AHI	0.23 ± 0.02	0.24 ± 0.02	0.24 ± 0.02	0.466	-0.060 (0.326)	0.23 ± 0.02	0.23 ± 0.02	0.23 ± 0.02	0.079	0.016 (0.790)
BAIT	0.22 ± 0.04	0.21 ± 0.04	0.21 ± 0.05	0.023	-0.147 (0.008)	0.23 ± 0.03	0.22 ± 0.04	0.21 ± 0.04	0.012	-0.150 (0.006)
Arch Index	0.21 ± 0.06	0.21 ± 0.06	0.20 ± 0.06	<0.001	0.463 (0.001)	0.22 ± 0.05	0.21 ± 0.06	0.20 ± 0.05	<0.001	0.401 (0.001)
<b>A15CDRE</b>	n (%)	n (%)	n (%)	p	n (%)	n (%)	n (%)	p		
Normal arch (0.25–0.26)	43 (65.6)	29 (57.7)	17 (36.4)	<0.001	44 (62.0)	30 (41.4)	21 (32.4)	<0.001		
Flat arch (0–0.24)	22 (37.0)	38 (64.3)	40 (62.5)		17 (23.6)	28 (36.4)	37 (57.6)			
Curved arch (0.020)	36 (60.2)	17 (22.1)	7 (10.6)		42 (64.1)	17 (22.1)	6 (9.4)			

BAI bony arch index = navicular tubercle height/total foot length; AHI arch height index = dorsal height 50% length/total foot length; BAIT: bony arch index truncated = navicular tubercle height/truncated foot length. Underweight: BMI ≤ 18.5 kg/m<sup>2</sup>; normal weight: 18.5 kg/m<sup>2</sup> ≤ BMI < 25 kg/m<sup>2</sup>; overweight: 25 kg/m<sup>2</sup> ≤ BMI < 30 kg/m<sup>2</sup>; obesity ≥ 30 kg/m<sup>2</sup>.

References

- Scott, G.; Merz, H.B.; Newcombe, L. Age-related differences in foot structure and function. *Gait Posture* **2007**, *26*, 68–75. [CrossRef] [PubMed]
- Shibuya, N.; Jupiter, D.C.; Ciliberti, L.J.; VanBuren, V.; La Fontaine, J. Characteristics of adult flatfoot in the United States. *J. Foot Ankle Surg.* **2010**, *49*, 363–368. [CrossRef] [PubMed]
- Pita-Fernandez, S.; Gorzalez-Martin, C.; Aalonso-Tajes, F.; Seoane-Pillado, Y.; Pertega-Diaz, S.; Perez-Garcia, S.; Seijo-Bestilleiro, R.; Balboa-Barreiro, V. Flat foot in a random population and its impact on quality of life and functionality. *J. Clin. Diagn. Res.* **2017**, *11*, 22–27. [CrossRef] [PubMed]
- Tong, J.W.K.; Kong, P.W. Association between foot type and lower extremity injuries: Systematic literature review with meta-analysis. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* **2013**, *43*, 700–714. [CrossRef]

5. Banwell, H.A.; Paris, M.E.; Mackintosh, S.; Williams, C.M. Paediatric flexible flat foot: How are we measuring it and are we getting it right? A systematic review. *J. Foot Ankle Res.* **2018**, *11*, 21. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
6. Wilkerson, R.D.; Mason, M.A. Differences in men's and women's mean ankle ligamentous laxity. *Iowa Orthop. J.* **2000**, *20*, 46–48. [\[PubMed\]](#)
7. Wunderlich, R.E.; Cavanagh, P.R. Gender differences in adult foot shape: Implications for shoe design. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2001**, *33*, 605–611. [\[CrossRef\]](#)
8. Hong, Y.; Wang, L.; Xu, D.Q.; Li, J.X. Gender differences in foot shape: A study of Chinese young adults. *Sports Biomech.* **2011**, *10*, 85–97. [\[CrossRef\]](#)
9. Hashimoto, M.; Cheng, H.; Hirohashi, K. Evaluation of the function of the human foot in two different conditions using radiography. *J. Phys. Ther. Sci.* **2004**, *16*, 57–64. [\[CrossRef\]](#)
10. Butler, R.J.; Hillstrom, H.; Song, J.; Richards, C.J.; Davis, I.S. Arch height index measurement system: Establishment of reliability and normative values. *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* **2008**, *98*, 102–106. [\[CrossRef\]](#)
11. Zifchock, R.A.; Davis, I.; Hillstrom, H.; Song, J. The effect of gender, age, and lateral dominance on arch height and arch stiffness. *Foot Ankle Int.* **2006**, *27*, 367–372. [\[CrossRef\]](#)
12. Sánchez Rodríguez, R.; Martínez Nova, A.; Martínez, E.E.; Gómez Martín, B.; Quintana, R.M.; Zamorano, J.D.P. The foot posture index anthropometric determinants and influence of sex. *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* **2013**, *103*, 400–404. [\[CrossRef\]](#)
13. Xiong, S.; Goonetilleke, R.S.; Witana, C.P.; Weerasinghe, T.W.; Au, E.Y. Foot arch characterization: A review, a new metric, and a comparison. *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* **2010**, *100*, 14–24. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
14. Abdel-Fattah, M.M.; Hassanin, M.M.; Felembane, E.A.; Nassasane, M.T. Flat foot among Saudi Arabian army recruits: Prevalence and risk factors. *East. Mediterr. Health J.* **2006**, *12*, 211–217.
15. Otsuka, R.; Yatsuya, H.; Miura, Y.; Murata, C.; Tamakoshi, K.; Oshiro, K.; Nishio, N.; Ishikawa, M.; Zhang, H.M.; Shiozawa, M.; et al. Association of flatfoot with pain, fatigue and obesity in Japanese over sixties. *Jpn. J. Public Health* **2003**, *50*, 988–998. [\[CrossRef\]](#)
16. Wearing, S.C.; Grigg, N.L.; Lau, H.C.; Smeathers, J.E. Footprint-based estimates of arch structure are confounded by body composition in adults. *J. Orthop. Res.* **2012**, *30*, 1351–1354. [\[CrossRef\]](#)
17. Song, J.; Kane, R.; Tango, D.N.; Veur, S.S.V.; Furumoto, J.; Komaroff, E.; Foster, G.D. Effects of weight loss on foot structure and function in obese adults: A pilot randomized controlled trial. *Gait Posture* **2015**, *41*, 86–92. [\[CrossRef\]](#)
18. Pita-Fernandez, S.; González-Martín, C.; Seoane-Pillado, Y.; Pertega-Díaz, S.; Pérez-García, S.; López-Calviño, B. Podiatric medical abnormalities in a random population sample 40 years or older in Spain. *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* **2014**, *104*, 574–582. [\[CrossRef\]](#)
19. Menz, H.B.; Dufour, A.B.; Riskowski, J.L.; Hillstrom, H.J.; Hannan, M.T. Association of Planus Foot Posture and Pronated Foot Function with Foot Pain: The Framingham Foot Study. *Arthritis Care Res.* **2013**, *65*, 1991–1999. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
20. Mcronry, J.L.; Young, M.J.; Boulton, A.J.M.; Cavanagh, R. Arch index as a predictor of arch height. *Foot* **1997**, *7*, 79–81. [\[CrossRef\]](#)
21. Queen, R.M.; Mall, N.A.; Hardaker, W.M.; Nunley, J.A. Describing the Medial Longitudinal Arch Using Footprint Indices and a Clinical Grading System. *Foot Ankle Int.* **2007**, *28*, 456–462. [\[CrossRef\]](#)
22. Saltzman, C.L.; Nawoczenski, D.A.; Talbot, K.D. Measurement of the Medial Longitudinal Arch. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* **1995**, *76*, 45–49. [\[CrossRef\]](#)
23. Evans, A.M.; Copper, A.W.; Scharfbillig, R.W.; Scutter, S.D.; Williams, M.T. Reliability of the foot posture index and traditional measures of foot position. *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* **2003**, *93*, 203–213. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
24. McPoil, T.G.; Cornwall, M.W.; Vicenzino, B.; Yeyhen, D.S.; Molloy, J.M.; Christie, D.S.; Collins, N. Effect of using truncated versus total foot length to calculate the arch height ratio. *Foot* **2008**, *18*, 220–227. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
25. Redmond, A.C.; Crosbie, J.; Ouvrier, R.A. Development and validation of a novel rating system for scoring standing foot posture: The Foot Posture Index. *Clin. Biomech.* **2006**, *21*, 89–98. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
26. Williams, D.S.; McClay, I.S. Measurements used to characterize the foot and the medial longitudinal arch: Reliability and validity. *Phys. Ther.* **2000**, *80*, 864–871. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
27. Mall, N.A.; Hardaker, W.M.; Nunley, J.A.; Queen, R.M. The reliability and reproducibility of foot type measurements using a mirrored foot photo box and digital photography compared to caliper measurements. *J. Biomech.* **2007**, *40*, 1171–1176. [\[CrossRef\]](#)
28. Cavanagh, P.R.; Rodgers, M.M. The arch index: A useful measure from footprints. *J. Biomech.* **1987**, *20*, 547–551. [\[CrossRef\]](#)
29. Yeyhen, D.S.; Stoltenberg, B.E.; Eckard, T.G.; Doyle, P.M.; Boland, D.M.; Feldtmann, J.J.; Mcpoil, T.; Christie, D.S.; Molloy, J.M.; Goffar, S.L. Static foot posture associated with dynamic plantar pressure parameters. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* **2011**, *41*, 100–107. [\[CrossRef\]](#)
30. Jimenez-Cebrian, A.M.; Moreno-Bernal, M.E.; Román-Bravo, P.D.; Saucedo-Badia, J.E.; Alonso-Rios, J.A.; Montiel-Luque, A. Influence of age, sex, and anthropometric determinants on the foot posture index in a pediatric population. *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* **2017**, *107*, 124–129. [\[CrossRef\]](#)
31. Aurichio, T.R.; Rebelatto, J.R.; de Castro, A.P. The relationship between the body mass index (BMI) and foot posture in elderly people. *Arch. Gerontol. Geriatr.* **2011**, *52*, e89–e92. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
32. Zhao, X.; Tsujimoto, T.; Kim, B.; Katayama, Y.; Tanaka, K. Characteristics of foot morphology and their relationship to gender, age, body mass index and bilateral asymmetry in Japanese adults. *J. Back Musculoskelet. Rehabil.* **2017**, *30*, 527–535. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)

## **11. ANEXOS**

**11.1. ANEXO I: Documento aprobación Comité ético de investigación clínica de la comunidad autónoma de Galicia.**



**11.2. ANEXO II: Compromiso de la investigadora principal del Cumplimiento de los aspectos éticos y legales**



**11.3. Anexo III: Modelo consentimiento informado en Castellano**

**DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO PARA LA PARTICIPACIÓN EN UN ESTUDO DE INVESTIGACIÓN**

**TÍTULO DO ESTUDIO: *ESTUDIO DE ALTURA DEL ARCO LONGITUDINAL INTERNO DEL PIE. MÉTODOS DE MEDICIÓN Y SU RELACIÓN CON LA POSTURA, EL DOLOR Y LA DISFUNCIÓN DEL PIE EN POBLACIÓN ADULTA.***

Yo, \_\_\_\_\_

- He leído la hoja de información al participante en el estudio arriba mencionado que se me ha entregado, he podido hablar con \_\_\_\_\_ y hacer todas las preguntas sobre el estudio.
- Comprendo que mi participación es voluntaria, y que puedo retirarme del estudio cuando quiera, sin tener que dar explicaciones y sin que esto repercuta en mis cuidados médicos..
- Accedo a que se utilicen mis datos en las condiciones detalladas en la hoja de información al participante.
- Presto libremente a mi conformidad para participar en este estudio.

Fdo.: El/la participante,

Fdo.: El/la investigador/a que solicita el consentimiento

Nombre y apellidos:

Nombre y apellidos:

Fecha:

Fecha:

**11.4. Anexo IV: Modelo consentimiento informado en Gallego**

## DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO PARA A PARTICIPACIÓN NUN ESTUDO DE INVESTIGACIÓN

**ESTUDO DA ALTURA DO ARCO LONXITUDINAL INTERNO DO PE.****MÉTODOS DE MEDICIÓN E A SUA RELACIÓN CON A POSTURA, A DOR E A DISFUNCIÓN DO PE EN POBOACIÓN ADULTA.**

Eu, \_\_\_\_\_

- Lin a folla de información ao participante do estudo arriba mencionado que se me entregou, puiden conversar con \_\_\_\_\_ e facer todas as preguntas sobre o estudo.
- Comprendo que a miña participación é voluntaria, e que podó retirarme do estudo cando queira, sen ter que dar explicacións e sen que isto repercute nos meus coidados médicos.
- Accedo a que se utilicen os meus datos nas condicións detalladas na folla de información ao participante.
- Presto libremente a miña conformidade para participar neste estudo.

Asdo.: O/a participante,

Asdo.: O/a investigador/a que solicita o consentimento

Nome e apelidos:

Nome e apelidos:

Data:

Data:

**11.5. Anexo V: Díptico informativo Acompañantes de Pacientes Español**

**¿Existen intereses económicos en este estudio?**

El investigador no recibirá retribución específica por la dedicación al estudio.

No será retribuido por participar.

Es posible que de los resultados del estudio se deriven productos comerciales o patentes. En este caso, no participará de los beneficios económicos originados.

**¿Cómo contactar con el equipo investigador de este estudio?**

Puede contactar con Dña Carolina Rosende Bautista en el teléfono 981.337.400 Ext: 3538 o dirección electrónica [crosende@udc.es](mailto:crosende@udc.es) o en la unidad de administración y citas de la clínica Universitaria de Podología, 981 333. 308.

Muchas gracias por su colaboración.

**¿Cuál es el propósito del estudio?**

Este estudio tiene como objetivo valorar si la altura del arco longitudinal interno del pie tiene relación con la postura habitual del pie y con el dolor y disfunción del mismo que pueda existir en población adulta.

Se valorará la postura del pie mediante una escala clínica y se comparará esta postura con la altura del arco longitudinal interno del pie, y ambos parámetros se compararán con los valores que se obtengan en los cuestionarios de dolor y minusvalía del pie.

El estudio requiere realizar mediciones y recoger datos de los cuestionarios de personas adultas que no padecieran alteraciones graves en el pie (amputaciones, deformidades congénitas...).

**¿Por qué me ofrecen participar a mí?**

Usted es invitado a participar porque acude como acompañante de un paciente de la clínica universitaria de Podología y es una persona adulta que puede contestar los cuestionarios de forma autónoma.

**¿En qué consiste mi participación?**

El estudio es una actividad independiente de la asistencia clínica desarrollada en la Clínica Universitaria de Podología.

Las personas que voluntariamente participen en el mismo, serán entrevistadas brevemente por un investigador (sus datos personales serán codificados de tal forma que se mantendrá el anonimato estricto de todos los resultados obtenidos en las diferentes pruebas). Se le facilitará un cuestionario para cubrir y se realizarán mediciones de la altura del arco longitudinal interno del pie con diferentes métodos.

Se realizará una fotografía en carga de cada uno de sus pies, en la cual posteriormente se realizarán mediciones de la altura del Arco Longitudinal interno mediante métodos informáticos.

Su participación tendrá una duración total estimada de 30 minutos, y podrá desarrollarse durante un tiempo de espera o tiempo que Usted voluntariamente nos preste tras su asistencia clínica ordinaria en la Clínica Universitaria de Podología

**HOJA DE INFORMACIÓN AL ACOMPAÑANTE DE PACIENTE****ESTUDIO DE LA ALTURA DEL ARCO LONGITUDINAL INTERNO DEL PIE.****MÉTODOS DE MEDICIÓN Y SU RELACIÓN CON LA POSTURA, EL DOLOR Y LA DISFUNCIÓN DEL PIE EN POBLACIÓN ADULTA**

INVESTIGADORA: CAROLINA ROSENDE BAUTISTA.

CLÍNICA UNIVERSITARIA DE ENFERMERÍA Y PODOLOGÍA DE FERROL.  
FACULTAD DE ENFERMERÍA Y PODOLOGÍA. UNIVERSIDADE DA CORUÑA

*Este documento tiene como objetivo ofrecerle información sobre un estudio de investigación en el que se le invita a participar. Este estudio ha sido aprobado por el comité de ética de investigación clínica de A Coruña-Ferrol. CR: 2015/516*

Si decide participar en el mismo, debe de recibir **información personalizada** del investigador, leer previamente este documento y hacer todas las preguntas que considere necesarias para comprender los detalles del estudio. Si lo desea, puede llevarse el documento, consultarlo con otras personas y tomarse el tiempo necesario para decidir si participa o no en el estudio.

La participación en este estudio es **completamente voluntaria**. Usted puede decidir no participar y, si acepta hacerlo, cambiar de parecer retirando el consentimiento en cualquier momento sin obligación de dar explicaciones. Le aseguramos que esta decisión no afectará a la relación con su médico ni a la asistencia sanitaria a la que usted tiene derecho

**¿Qué molestias o inconvenientes tiene mi participación?**

Su participación requerirá principalmente que nos conceda 30 minutos de su tiempo, se realizarán unas líneas sobre la piel de su pie con un lápiz demográfico, que se pueden borrar fácilmente con un lavado ordinario.

**¿Obtendrá algún beneficio por participar?**

No se espera que Vd. obtenga beneficio directo por participar en el estudio. La investigación pretende descubrir aspectos desconocidos o poco claros sobre los métodos de medición de la altura del arco longitudinal interno del pie, y corroborar si esta altura tiene relación directa con la postura del pie, la aparición de dolor o incapacidad. Esta información podrá ser de utilidad en un futuro para otras personas.

**¿Recibiré la información que se obtenga del estudio?**

Si usted lo desea se le facilitará un resumen de los resultados que se obtengan en el estudio.

**¿Se publicarán los resultados de este estudio?**

Los resultados de este estudio serán remitidos a publicaciones científicas para a su difusión, pero no se transmitirá ningún dato que pueda conducir a la identificación de los participantes.

**¿Cómo se protegerá la confidencialidad de mis datos?**

El tratamiento, comunicación y cesión de sus datos se hará conforme a lo dispuesto por la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de protección de datos de carácter personal. En todo momento, podrá acceder a sus datos, oponerse, corregirlos o cancelarlos, solicitando ante el investigador. So equipo investigador, y las autoridades sanitarias, que tienen deber de guardar la confidencialidad, tendrán acceso a todos los datos recogidos por el estudio. Podrá transmitirse a terceros información que no pueda ser identificada. En el caso de que alguna información sea transmitida a otros países, se realizará con un nivel de protección de los datos equivalente, como mínimo, a lo exigido por la normativa de nuestro país. Sus datos serán recogidos y conservado hasta terminar el estudio de modo Codificados, que quiere decir que poseen un código que el que el equipo investigador podrá conocer a quien pertenecen. El responsable de la custodia de los datos es Dña Carolina Rosende Bautista. Al terminar el estudio los datos serán anonimizados, y se destruirá todo registro que pueda identificar los datos o imágenes con su persona.

**11.6. Anexo VI: Díptico informativo Acompañantes de Pacientes Gallego**

**Existen intereses económicos neste estudo?**

Os investigadores non recibirán retribución específica pola dedicación ao estudo.

Vd. non será retribuído por participar.

É posible que dos resultados do estudo se deriven produtos comerciais ou patentes. Neste caso, Vd. non participará dos beneficios económicos orixinados.

**Como contactar co equipo investigador deste estudo?**

Vd. pode contactar con Dña. Carolina Rosende Bautista no teléfono 981337400 Ext: 3538 ou enderezo electrónico [crosende@udc.es](mailto:crosende@udc.es) ou no servizo de administración e citas da Clínica Universitaria de Podoloxía teléfono 981.333.308

**Muchas gracias por su colaboración.****FOLLA DE INFORMACIÓN AO/Á PARTICIPANTE ADULTO/A ACOMPAÑANTE DO PACIENTE DA CLÍNICA UNIVERSITARIA DE PODOLOXÍA DE FERROL****ESTUDIO DA ALTURA DO ARCO LONXITUDINAL INTERNO DO PE. MÉTODOS DE MEDICIÓN E SUA RELACIÓN COA POSTURA, A DOR E A DISFUNCIÓN DO PE EN POBOACIÓN ADULTA.**

INVESTIGADOR : CAROLINA ROSENDE BAUTISTA.

CLÍNICA UNIVERSITARIA DE ENFERMERÍA Y PODOLOGÍA DE FERROL.  
FACULTAD DE ENFERMERÍA Y PODOLOGÍA. UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Este documento ten por obxecto ofrecerlle información sobre un estudo de investigación no que se lle invita a participar. Este estudo foi aprobado polo Comité de Ética da Investigación de A Coruña-Ferrol. CR: 2015/516

Se decide participar no mesmo, debe recibir información personalizada do investigador, ler antes este documento e facer todas as preguntas que precise para comprender os detalles sobre o mesmo. Se así o desexa, pode levar o documento, consúltalo con outras persoas, e tomar o tempo necesario para decidir se participar ou non.

A participación neste estudo é completamente voluntaria. Vd. pode decidir non participar ou, se acepta facelo, cambiar de parecer retirando o consentimento en calquera momento sen obriga de dar explicacións. Asegurámoslle que esta decisión non afectará á relación co seu médico nin á asistencia sanitaria á que Vd. ten dereito.

**Cal é o propósito do estudo?**

Este estudo ten como obxectivo valorar se a altura do arco lonxitudinal interno do pé ten relación coa postura habitual do pé e coa dor e disfunción que poida existir en poboación adulta.

Valorarase a postura do pé mediante unha escala clínica e compararase esta postura coa altura do arco lonxitudinal interno do pé, e ambos os dous parámetros compararanse cos valores que se obteñan nos cuestionarios de dor e minusvalía do pé.

O estudo require realizar medicións e recoller datos dos cuestionarios de persoas adultas que non padecesen alteracións graves no pé (amputacións, deformidades conxénitas...).

**Por que me ofrecen participar a min?**

Vostede é convidado a participar porque acode como acompañante dun paciente á clínica universitaria de Podoloxía e é unha persoa adulta que pode contestar os cuestionarios de forma autónoma

**En que consiste a miña participación?**

O estudo é unha actividade independente da asistencia clínica desenvolvida na Clínica Universitaria de Podoloxía.

As persoas que voluntariamente participen neste, serán entrevistadas brevemente por un investigador (os seus datos persoais serán codificados de tal forma que se manterá o anonimato estrito de todos os resultados obtidos nas diferentes probas). Facilitaráselle un cuestionario para cubrir e realizánsese medicións da altura do arco lonxitudinal interno do pé.

Realizarase unha fotografía e unha pedigrafía en carga de cada un dos seus pés, sobre a que posteriormente realizaranse medicións da altura do Arco Lonxitudinal interno mediante métodos informáticos.

A súa participación terá unha duración total estimada de 30 minutos, e poderá desenrolarse durante un tempo de espera ou tempo que vostede voluntariamente nos preste tras a súa asistencia clínica ordinaria na Clínica Universitaria de Podoloxía

**Que molestias ou inconvenientes ten a miña participación?**

A súa participación requirirá principalmente de que nos conceda 30 minutos do seu tempo, se realizarán unhas líneas sobre a piel do seu pe con un lápiz demográfico que se pode borrar facilmente con un lavado ordinario.

**Obtere algún beneficio por participar?**

Non se espera que Vd. obteña beneficio directo por participar no estudo. A investigación pretende descubrir aspectos descoñecidos ou pouco claros sobre os métodos de medición da altura do arco lonxitudinal interno do pé, e corroborar se esta altura ten relación directa coa postura do pé, a aparición de dor ou incapacidade. Esta información poderá ser de utilidade nun futuro para outras persoas.

**Recibirei a información que se obteña do estudo?**

Se Vd. o desexa, facilitaráselle un resumo dos resultados do estudo.

**Publicaranse os resultados deste estudo?**

Os resultados deste estudo serán remitidos a publicacións científicas para a súa difusión, pero non se transmitirá ningún dato que poida levar á identificación dos participantes.

**Como se protexerá a confidencialidade dos meus datos?**

O tratamento, comunicación e cesión dos seus datos farase conforme ao disposto pola Lei Orgánica 15/1999, de 13 de decembro, de protección de datos de carácter persoal. En todo momento, Vd. poderá acceder aos seus datos, opoñerse, corrixilos ou cancelalos, solicitando ante o investigador.

So equipo investigador, e as autoridades sanitarias, que teñen deber de gardar a confidencialidade, terán acceso a todos os datos recollidos polo estudo. Poderase transmitir a terceiros información que non poida ser identificada. No caso de que algunha información sexa transmitida a outros países, realizarase cun nivel de protección dos datos equivalente, como mínimo, ao existido pola normativa do noso país.

Os seus datos serán recollidos e conservados até rematar o estudo de modo Codificados, que quere dicir que posúen un código có que o equipo investigador poderá coñecer a quen pertencen.

O responsable da custodia dos datos é Dña Carolina Rosende Bautista. Ao rematar o estudo os datos serán anonimizados, e destruírse todo rexistro que poida identificar os datos ou imaxes coa súa persoa.

**11.7. Anexo VII: Díptico informativo Pacientes Español**

### ¿Existen intereses económicos en este estudio?

El investigador no recibirá retribución específica por la dedicación al estudio.  
No será retribuido por participar.

Es posible que de los resultados del estudio se deriven productos comerciales o patentes. En este caso, no participará de los beneficios económicos originados.

¶

### ¿Cómo contactar que el equipo investigador de este estudio?

Puede contactar con **Dña Carolina Rosende Bautista** en el teléfono 981.337.400 Ext: 3538 o dirección electrónica [crosende@udc.es](mailto:crosende@udc.es) o en la unidad de administración y citas de la clínica Universitaria de Podología, 981-333-308.

¶

**Muchas gracias por su colaboración.**

.....Salto de página.....

¶

### ¿Cuál es el propósito del estudio?

Este estudio tiene como objetivo valorar si la altura del arco longitudinal interno del pie tiene relación con la postura habitual del pie y con el dolor y disfunción del mismo que pueda existir en población adulta.

Se valorará la postura del pie mediante una escala clínica y se comparará esta postura con la altura del arco longitudinal interno del pie, y ambos parámetros se compararán con los valores que se obtengan en los cuestionarios de dolor y minusvalía del pie.

El estudio requiere realizar mediciones y recoger datos de los cuestionarios de personas adultas que no padecieran alteraciones graves en el pie (amputaciones, deformidades congénitas...).

### ¿Por qué me ofrecen participar a mí?

Usted es invitado a participar porque acude como paciente de la clínica universitaria de Podología y es una persona adulta que puede contestar los cuestionarios de forma autónoma.

¶

### ¿En qué consiste mi participación?

El estudio es una actividad independiente de la asistencia clínica desarrollada en la Clínica Universitaria de Podología.

Las personas que voluntariamente participen en el mismo, serán entrevistadas brevemente por un investigador (sus datos personales serán codificados de tal forma que se mantendrá el anonimato estricto de todos los resultados obtenidos en las diferentes pruebas). Se le facilitará un cuestionario para cubrir y se realizarán mediciones de la altura del arco longitudinal interno del pie con diferentes métodos.

Se realizará una fotografía en carga de cada uno de sus pies, en la cual posteriormente se realizarán mediciones de la altura del Arco Longitudinal interno mediante métodos informáticos.

Su participación tendrá una duración total estimada de 30 minutos, y podrá desarrollarse durante un tiempo de espera o tiempo que Usted voluntariamente nos preste tras su asistencia clínica ordinaria en la Clínica Universitaria de Podología.

### HOJA DE INFORMACIÓN AL PACIENTE

#### ESTUDIO DE LA ALTURA DEL ARCO LONGITUDINAL INTERNO DEL PIE.

#### MÉTODOS DE MEDICIÓN Y SU RELACIÓN CON LA POSTURA, EL DOLOR Y LA DISFUNCIÓN DEL PIE EN POBLACIÓN ADULTA

INVESTIGADORA: CAROLINA ROSENDE BAUTISTA.

¶

CLÍNICA UNIVERSITARIA DE ENFERMERÍA Y PODOLOGÍA DE FERROL, FACULTAD DE ENFERMERÍA Y PODOLOGÍA, UNIVERSIDADE DA CORUÑA

¶

¶

¶

*Este documento tiene como objetivo ofrecerle información sobre un estudio de investigación en el que se le invita a participar. Este estudio ha sido aprobado por el comité de ética de investigación clínica de A Coruña Ferrol. CR: 2015/516*

Si decide participar en el mismo, debe de recibir información personalizada del investigador, leer previamente este documento y hacer todas las preguntas que considere necesarias para comprender los detalles del estudio. Si lo desea, puede llevarse el documento, consultarlo con otras personas y tomarse el tiempo necesario para decidir si participa o no en el estudio.

La participación en este estudio es completamente voluntaria. Usted puede decidir no participar y, si acepta hacerlo, cambiar de parecer retirando el consentimiento en cualquier momento sin obligación de dar explicaciones. Le aseguramos que esta decisión no afectará a la relación con su médico ni a la asistencia sanitaria a la que usted tiene derecho.

¶

### ¿Qué molestias o inconvenientes tiene mi participación?

Su participación requerirá principalmente que nos conceda 30 minutos de su tiempo, se realizarán unas líneas sobre la piel de su pie con un lápiz demográfico, que se pueden borrar fácilmente con un lavado ordinario.

### ¿Obtendré algún beneficio por participar?

No se espera que Vd. obtenga beneficio directo por participar en el estudio. La investigación pretende descubrir aspectos desconocidos o poco claros sobre los métodos de medición de la altura del arco longitudinal interno del pie, y corroborar si esta altura tiene relación directa con la postura del pie, la aparición de dolor o incapacidad. Esta información podrá ser de utilidad en un futuro para otras personas.

### ¿Recibiré la información que se obtenga del estudio?

Si usted lo desea se le facilitará un resumen de los resultados que se obtengan en el estudio.

### ¿Se publicarán los resultados de este estudio?

Los resultados de este estudio serán remitidos a publicaciones científicas para su difusión, pero no se transmitirá ningún dato que pueda conducir a la identificación de los participantes.

### ¿Cómo se protegerá la confidencialidad de mis datos?

El tratamiento, comunicación y cesión de sus datos se hará conforme a lo dispuesto por la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de protección de datos de carácter personal. En todo momento, podrá acceder a sus datos, oponerse, corregirlos o cancelarlos, solicitando ante el investigador. Su equipo investigador, y las autoridades sanitarias, que tienen deber de guardar la confidencialidad, tendrán acceso a todos los datos recogidos por el estudio. Podrá transmitirse a terceros información que no pueda ser identificada. En el caso de que alguna información sea transmitida a otros países, se realizará con un nivel de protección de los datos equivalente, como mínimo, a lo exigido por la normativa de nuestro país. Sus datos serán recogidos y conservado hasta terminar el estudio de modo Codificados, que quiere decir que poseen un código que el que el equipo investigador podrá conocer a quien pertenecen. El responsable de la custodia de los datos es **Dña Carolina Rosende Bautista**. Al terminar el estudio los datos serán anonimizados, y se destruirá todo registro que pueda identificar los datos o imágenes con su persona.

¶

**11.8. Anexo VIII: Díptico informativo Pacientes Gallego**

**Existen intereses económicos neste estudo?**

Os investigadores non recibirán retribución específica pola dedicación ao estudo.

Vd. non será retribuído por participar.

É posible que dos resultados do estudo se deriven produtos comerciais ou patentes. Neste caso, Vd. non participará dos beneficios económicos orixinados.

**Como contactar co equipo investigador deste estudo?**

Vd. pode contactar con [Dña Carolina Rosende Bautista](#) no teléfono 981337400-Ext. 3538 ou enderezo electrónico [crosende@udc.es](mailto:crosende@udc.es) ou no servizo de administración e citas da [Clínica Universitaria de Podoloxía](#) teléfono 981.333.308

**Muchas gracias por su colaboración.**

Salto de página

**Cal é o propósito do estudo?**

Este estudo ten como obxectivo valorar se a altura do arco lonxitudinal interno do pé ten relación coa postura habitual do pé e coa dor e disfunción que poida existir en poboación adulta.

Valorarase a postura do pé mediante unha escala clínica e compararase esta postura coa altura do arco lonxitudinal interno do pé, e ambos os dous parámetros compararanse cos valores que se obteñan nos cuestionarios de dor e minusvalía do pé.

O estudo require realizar medicións e recoller datos dos cuestionarios de persoas adultas que non padecesen alteracións graves no pé (amputacións, deformidades congénitas...).

**Por que me ofrecen participar a min?**

Vostede é convidado a participar porque acode como paciente á clínica universitaria de Podoloxía e é unha persoa adulta que pode contestar os cuestionarios de forma autónoma.

**En que consiste a miña participación?**

O estudo é unha actividade independente da asistencia clínica desenvolvida na Clínica Universitaria de Podoloxía.

As persoas que voluntariamente participen neste, serán entrevistadas brevemente por un investigador (os seus datos persoais serán codificados de tal forma que se manterá o anonimato estricto de todos os resultados obtidos nas diferentes probas). Facilitaráselle un cuestionario para cubrir e realizásenlle medicións da altura do arco lonxitudinal interno do pé.

Realizarase unha fotografía e unha pedigrafía en carga de cada un dos seus pés, sobre a que posteriormente realizaranse medicións da altura do Arco Lonxitudinal interno mediante métodos informáticos.

A súa participación terá unha duración total estimada de 30 minutos, e poderán desenrolarse durante un tempo de espera ou tempo que vostede voluntariamente nos preste tras a súa asistencia clínica ordinaria na Clínica Universitaria de Podoloxía.

**Que molestias ou inconvenientes ten a miña participación?**

A súa participación requerirá principalmente de que nos conceda 30 minutos do seu tempo, se realizarán unhas líneas sobre a piel do seu pe con un lápiz dermográfico que se pode borrar facilmente con un lavado ordinario.

¶

**FOLLA DE INFORMACIÓN AO/Á PARTICIPANTE ADULTO/A PACIENTE DA CLÍNICA UNIVERSITARIA DE PODOLOXÍA DE FERROL**

¶

¶

**ESTUDIO DA ALTURA DO ARCO LONXITUDINAL INTERNO DO PE. MÉTODOS DE MEDICIÓN E SUA RELACIÓN COA POSTURA, A DOR E A DISFUNCIÓN DO PE EN POBOACIÓN ADULTA.**

¶

INVESTIGADOR: CAROLINA ROSENDE BAUTISTA

¶

¶

**CLÍNICA UNIVERSITARIA DE ENFERMERÍA Y PODOLOGÍA DE FERROL. FACULTAD DE ENFERMERÍA Y PODOLOGÍA. UNIVERSIDADE DA CORUÑA**

Este documento ten por obxecto ofrecerlle información sobre un estudo de investigación no que se lle invita a participar. Este estudo foi aprobado polo Comité de Ética da Investigación de A Coruña-Ferrol. CR: 2015/516

Se decide participar no mesmo, debe recibir información personalizada do investigador, **ler antes este documento** e facer todas as preguntas que precise para comprender os detalles sobre o mesmo. Se así o desexa, pode levar o documento, consúltalo con outras persoas, e tomar o tempo necesario para decidir se participar ou non.

A participación neste estudo é completamente voluntaria. Vd. pode decidir non participar ou, se acepta facelo, cambiar de parecer retirando o consentimento en calquera momento sen obriga de dar explicacións. Asegurámoslle que esta decisión non afectará á relación co seu médico nin á asistencia sanitaria á que Vd. ten dereito.

¶

¶

**Obtereire algún beneficio por participar?**

Non se espera que Vd. obteña beneficio directo por participar no estudo. A investigación pretende descubrir aspectos descoñecidos ou pouco claros sobre os métodos de medición da altura do arco lonxitudinal interno do pé, e corroborar se esta altura ten relación directa coa postura do pé, a aparición de dor ou incapacidade. Esta información poderá ser de utilidade nun futuro para outras persoas.

¶

**Recibireire información que se obteña do estudo?**

Se Vd. o desexa, facilitaráselle un resumo dos resultados do estudo.

¶

**Publicaranse os resultados deste estudo?**

Os resultados deste estudo serán remitidos a publicacións científicas para a súa difusión, pero non se transmitirá ningún dato que poida levar á identificación dos participantes.

¶

**Como se protexerá a confidencialidade dos meus datos?**

O tratamento, comunicación e cesión dos seus datos farase conforme ao disposto pola Lei Orgánica 15/1999, de 13 de decembro, de protección de datos de carácter persoal. En todo momento, Vd. poderá acceder aos seus datos, opoñerse, corrixislos ou cancelalos, solicitando ante o investigador.

So equipo investigador, e as autoridades sanitarias, que teñen deber de gardar a confidencialidade, terán acceso a todos os datos recollidos polo estudo. Poderase transmitir a terceiros información que non poida ser identificada. No caso de que algunha información sexa transmitida a outros países, realizarase nun nivel de protección dos datos equivalente, como mínimo, ao existido pola normativa do noso país.

Os seus datos serán recollidos e conservados até rematar o estudo de modo **Codificados**, que quere dicir que posúen un código co que o equipo investigador poderá coñecer a quen pertencen.

O responsable da custodia dos datos é **Dña Carolina Rosende Bautista**. Ao rematar o estudo os datos serán **anonimizados**, e destruírse todo rexistro que poida identificar os datos ou imaxes coa súa persoa.

¶

¶

¶

**11.9. Anexo IX: Hoja de codificación de datos de identidad**



ALTURA DEL ARCO LONGITUDINAL INTERNO DEL PIE.  
MÉTODOS DE MEDICIÓN Y SU RELACIÓN CON LA POSTURA, EL DOLOR  
Y LA DISFUNCIÓN DEL PIE EN POBLACIÓN ADULTA.

NÚMERO DE SUJETO DE ESTUDIO:

NOMBRE: \_\_\_\_\_ APELLIDOS: \_\_\_\_\_

D.N.I.: \_\_\_\_\_ FECHA DE NACIMIENTO: \_\_\_\_\_

---

**11.10. Anexo X: Hoja de registro de variables del estudio**



**3. MEDICIONES DE LA ALTURA DEL ARCO LONGITUDINAL INTERNO Y DATOS DE LA HUELLA PLANTAR:**

	<b>PIE DERECHO</b>	<b>PIE IZQUIERDO</b>
<b>ALTURA TUBÉRCULO ESCAFOIDES AL SUELO</b>		
<b>LONGITUD PIE EN CARGA</b>		
<b>LONGITUD TRUNCADA DEL PIE</b>		
<b>ALTURA DORSO AL 50% LONGI TOT DEL PIE</b>		
<b>ALTURA DORSO DEL PIE AL 50% LONGI TRUNC</b>		
<b>ARCH INDEX</b>		

**4. DETERMINACIÓN DE LA DISCAPACIDAD Y DOLOR EN EL PIE**

**CUESTIONARIO MANCHESTER SOBRE EL DOLOR Y LA DISCAPACIDAD DEL PIE**

A continuación, se le presentará algunas afirmaciones sobre problemas que la gente tiene debido al **dolor en los pies**. Por cada afirmación indique si esto le ha sucedido durante este **último mes**. Si es así, en el **pasado mes** ¿esto le ha ocurrido en algunos días, o en la mayoría/todos los días?

**DEBIDO AL DOLOR EN MIS PIES:**

	NINGÚN DÍA	EN ALGUNOS DIAS	LA MAYORÍA/ TODOS LOS DÍAS	
1. Evito caminar fuera de casa a toda costa				
2. Evito caminar largas distancias				
3. No camino de forma normal				
4. Camino lentamente				
5. Tengo que parar y descansar mis pies				
6. Evito superficies duras o rugosas cuando es posible				
7. Evito estar de pie durante largos periodos de tiempo				
8. Utilizo el autobús o el coche con más frecuencia				
9. Necesito ayuda con las tareas de casa y con la compra				
10. Me vuelvo irritable cuando me duelen los pies				
11. Me avergüenzo de mis pies				
12. Me avergüenzo del calzado que tengo que llevar o ponerme				
13. Yo sigo haciendo las cosas pero con más dolor o malestar				
14. Tengo un dolor constante en mis pies				
15. Mis pies me duelen más por la mañana				
16. Mis pies me duelen más por la tarde				
17. Tengo dolores punzantes en mis pies				
				No aplicable
18. Soy incapaz de realizar el trabajo que solía hacer				
19. Ya no hago las actividades que solía hacer (deporte, senderismo, baile,...)				

