

# Patrones estáticos y dinámicos de la marcha obtenidos en plataforma de presiones como indicadores de alteraciones morfoestructurales de miembros inferiores

Autor: Héctor Pereiro Buceta

---

Tesis doctoral UDC / 2022

Directores: Prof. Dr. Daniel López López

Prof. Dr. César Calvo Lobo

Programa de doctorado en Salud y Motricidad Humana RD 99/2011



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



**D. César Calvo Lobo**, Profesor Axudante Doutor, pertencente ao Departamento de Enfermaría da Universidad Complutense de Madrid, con docencia na Facultad de Enfermería, Fisioterapia y Podología e **D. Daniel López López**, Profesor Titular de Universidad, pertencente ao Departamento de Ciencias da Saúde da Universidade da Coruña, con docencia na Facultade de Enfermaría e Podoloxía.


**Fan Constar** que o presente proxecto de doutoramento por compendio de publicacións, titulado “Patrones estáticos y dinámicos de la marcha obtenidos en plataforma de presiones como indicadores de alteraciones morfoestructurales de miembros inferiores”, que presenta o alumno Héctor Pereiro Buceta para optar ao título de Doutor con Mención Internacional, foi elaborada baixo a nosa dirección no programa de doutoramento Saúde e Motricidade Humana e reúne os requisitos de idoniedade e calidade científica necesarios para obter un informe FAVORABLE.

E para que así conste aos efectos da súa presentación, asinamos a presente certificación.

Os directores da tese de doutoramento

CALVO  
LOBO  
CESAR -   
Firmado digitalmente por  
CALVO LOBO CESAR  
Fecha: 2021.12.14  
22:19:45 +01'00'

Prof. Dr. César Calvo Lobo

LOPEZ LOPEZ  
DANIEL -   
Firmado digitalmente  
por LOPEZ LOPEZ  
DANIEL  
Fecha: 2021.12.14  
22:09:56 +01'00'

Prof. Dr. Daniel López López



Esta tesis es presentada en la modalidad de compendio de artículos de investigación, formalizando los requisitos indicados en el artículo 41 del Reglamento de Estudios de Doctorado de la Universidade da Coruña.

Por ello, se siguen las indicaciones generales recogidas en el mencionado artículo y que resultan en una introducción compuesta por una justificación razonada de la unidad, coherencia temática y metodología de la tesis en relación con los objetivos que se pretenden lograr, una discusión general que proporciona congruencia temática de los diferentes estudios, conclusiones y bibliografía comunes.

A continuación, se presentan las referencias de los artículos publicados en revistas indexadas en el Journal Citations Reports (JCR), base de datos de reconocido prestigio internacional.

**Estudio I: Pereiro-Buceta, H.;** Calvo-Lobo, C.; Becerro-de-Bengoa-Vallejo, R.; Losa-Iglesias, M.E.; Romero-Morales, C.; López-López, D.; Martínez-Jiménez, E.-M. Intra and intersession repeatability and reliability of dynamic parameters in pressure platform assessments on subjects with simulated leg length discrepancy. A cross-sectional research. *Sao Paulo Med. J.* **2021**, *139*, 424–434, doi:10.1590/1516-3180.2020.0791.r1.110321. **[Q4; JCR ranking 2020: Medicine, General & Internal 134/167; Factor de Impacto 1.044].**

**Estudio II: Pereiro-Buceta, H.;** Becerro-de-Bengoa-Vallejo, R.; Losa-Iglesias, M.E.; López-López, D.; Navarro-Flores, E.; Martínez-Jiménez, E.M.; Martiniano, J.; Calvo-Lobo, C. The Effect of Simulated Leg-Length Discrepancy on the Dynamic Parameters of the Feet during Gait—Cross-Sectional Research. *Healthcare* **2021**, *9*, 932, doi:10.3390/healthcare9080932. [Q2; JCR ranking 2020: **Health Policy & Services 40/88; Factor de Impacto 2.645**].

**Estudio III: Paineira-Villar, R.;** García-Paz, V.; Becerro de Bengoa-Vallejo, R.; Losa-Iglesias, M.E.; López-López, D.; Martiniano, J.; **Pereiro-Buceta, H.;** Martínez-Jiménez, E.M.; Calvo-Lobo, C. Impact of Asthma on Plantar Pressures in a Sample of Adult Patients: A Case-Control Study. *J. Pers. Med.* **2021**, *11*, 1157, doi:10.3390/jpm11111157. [Q1; JCR ranking 2020: **Health Care Sciences & Services 15/107; Factor de Impacto 4.945**].

*A Lourdes, Lola y Carmen, por vuestro amor y apoyo incondicional.*





# **1. Agradecimientos**



La ciencia es un esfuerzo colectivo. Todo investigador se apoya en el conocimiento levantado por los que le precedieron. Avanzamos en nuestro trabajo con el impulso de maestros y compañeros, suma de esfuerzos para alcanzar objetivos comunes.

Por este motivo, en estos mis primeros pasos en el campo de la investigación, quisiera mostrar mi más sincero reconocimiento a todas aquellas personas que, con generosidad, me indicaron el mejor camino con sabios consejos apuntalados por años de experiencia.

Empezaré mi agradecimiento por los directores de esta tesis, el Dr. Daniel López López y el Dr. César Calvo Lobo. Su inestimable ayuda ha sido clave para llevar este proyecto a buen término. Quisiera registrar también en estas líneas mi especial gratitud con el Dr. Ricardo Becerro de Bengoa Vallejo y la Dra. Marta Losa Iglesias, verdaderos responsables de que finalmente escogiera este camino. Ellos fueron mis primeros maestros, orientándome hacia el doctorado. Tampoco quiero olvidarme del resto de colaboradores y coautores y de los artículos que conforman este trabajo, el Dr. Roi Paineira Villar, la Dra. Eva María Martínez Jiménez, el Dr. João Martiniano, la Dra. Vanesa García Paz, el Dr. Emmanuel Navarro Flores, el Dr. Carlos Romero Morales y el Dr. João Abrantes.

Es necesario también, agradecer la colaboración de todos los voluntarios que participaron de forma desinteresada en los diferentes estudios y a todos aquellos que, de una forma u otra, contribuyeron en este trabajo.

Por último, como no puede ser de otra manera, mi agradecimiento a amistades y familia, con mención especial a mi esposa y a mis hijas. Sin su apoyo incondicional y paciencia infinita este trabajo nunca hubiera sido posible.



## **2. Resúmenes**



## 2.1 Resumen

**Introducción:** Las alteraciones morfoestructurales en miembros inferiores son condiciones que tienen una etiología multifactorial y pueden asociarse a diversas patologías como fascitis plantar, lumbalgia y dolor de rodilla. La aplicación de diferentes tratamientos ortopédicos o físicos puede contribuir a mejorar la deambulación y la autonomía de las personas. Por esta razón, el objetivo de esta tesis por compendio de artículos publicados es analizar la eficacia terapéutica en pacientes con presencia o ausencia de disimetría y/o asma bronquial y su relación con los patrones estáticos y dinámicos de la marcha.

**Método:** Se realizaron tres estudios observacionales y transversales. Se evaluaron la fiabilidad y repetibilidad de la plataforma de presiones (I), los efectos de la disimetría simulada en sujetos sanos sobre los parámetros dinámicos de la marcha (II) y la influencia del asma bronquial en el patrón estático de presiones plantares (III).

**Resultados:** La plataforma de presiones demostró fiabilidad intra e intersesión en pacientes con disimetría simulada (I). El aumento de la disimetría produjo una disminución en las presiones máxima y media en la pierna larga y un incremento de su tiempo de apoyo (II). Se observó un aumento de carga en el talón izquierdo y una disminución de la presión máxima del antepié derecho en los pacientes con asma bronquial (III).

**Conclusiones:** La disimetría de miembros inferiores y el asma bronquial producen variaciones en los patrones estáticos y dinámicos de la marcha.

**Palabras clave:** Leg length inequality, gait, equipment failure analysis, asthma, posture.

## 2.2 Resumo

**Introdución:** As alteracións morfoestructurais en membros inferiores son condicións que teñen unha etioloxía multifactorial e poden asociarse a diversas patoloxías como fascitis plantar, lumbalxia e dor de xeonllo. A aplicación de diferentes tratamentos ortopédicos ou físicos pode contribuír a mellorar a deambulación e a autonomía das persoas. Por esta razón, o obxectivo desta tese por compendio de artigos publicados é analizar a eficacia terapéutica en pacientes con presenza ou ausencia de disimetría e/ou asma bronquial e a súa relación cos patróns estáticos e dinámicos da marcha.

**Método:** Realizáronse tres estudos observacionais e transversais. Avaliáronse a fiabilidade e repetibilidade da plataforma de presións (I), os efectos da disimetría simulada en suxeitos sans sobre os parámetros dinámicos da marcha (II) e a influencia da asma bronquial no patrón estático de presións plantares (III).

**Resultados:** A plataforma de presións demostrou fiabilidade intra e intersesión en pacientes con disimetría simulada (I). O aumento da disimetría produciu unha diminución nas presións máxima e media na perna longa e un incremento do seu tempo de apoio (II). Observouse un aumento de carga no talón esquerdo e unha diminución da presión máxima do antepé dereito dos pacientes con asma bronquial (III).

**Conclusións:** A disimetría de membros inferiores e a asma bronquial producen variacións nos patróns estáticos e dinámicos da marcha

**Palabras clave:** Leg length inequality, gait, equipment failure analysis, asthma, posture.



## 2.3 Abstract

**Introduction:** Morphostructural alterations in the lower limbs are conditions that have a multifactorial aetiology and can be associated with various pathologies such as plantar fasciitis, low back pain and knee pain. The application of different orthopaedic or physical treatments can contribute to improving ambulation and autonomy. For this reason, the aim of this thesis is to analyse the therapeutic efficacy in patients with the presence or absence of leg length discrepancy (LLD) and/or bronchial asthma and its relationship with static and dynamic gait patterns.

**Methods:** Three observational and cross-sectional studies were carried out. The reliability and repeatability of the pressure platform (I), the effect of simulated LLD on the dynamic parameters of the feet during gait (II), and the influence of bronchial asthma on the static pattern of plantar pressures (III) were evaluated.

**Results:** The pressure platform demonstrated intra and intersession reliability in patients with simulated LLD (I). Increasing LLD produces a decrease in both peak and mean pressure on the longer leg and an increased stance time (II). An increase in load on the left heel and a decrease in the maximum pressure of the right forefoot were observed in the patients with bronchial asthma (III).

**Conclusions:** Leg length discrepancy and bronchial asthma produce variations in static and dynamic gait patterns.

**Keywords:** Leg length inequality, gait, equipment failure analysis, asthma, posture.



## **3. Prólogo**

Esta tesis doctoral, bajo el título “Patrones estáticos y dinámicos de la marcha obtenidos en plataforma de presiones como indicadores de alteraciones morfoestructurales de miembros inferiores” muestra los resultados de una investigación que gira en torno a las alteraciones morfoestructurales de las extremidades inferiores y los efectos en su biomecánica.

Este trabajo se desarrolló con una estructura de compendio de artículos publicados tratando, cada uno de ellos, un aspecto específico sobre una temática común. En el primero de ellos, se comprobó la fiabilidad del instrumento principal de medición, el cual fue utilizado posteriormente en los siguientes estudios. En ellos, se pretende medir y evaluar dos ejemplos de alteraciones morfoestructurales en el pie. La primera de ellas, la disimetría de miembros inferiores, una patología que puede ser congénita o adquirida, y que su gran prevalencia en la población general justifica su interés. La otra alteración estudiada es la producida, esta vez, por una patología respiratoria muy común: el asma bronquial. Se trata de una enfermedad con una alta prevalencia y de la que no existen estudios sobre los efectos que produce sobre las presiones plantares del pie.

Encontrará en esta obra todo el desarrollo de estos estudios, siguiendo una estructura ordenada. En primer lugar, una breve introducción expondrá el estado del arte, para poner en contexto todos los elementos en torno a los cuales gira este trabajo. Seguidamente se expondrán las hipótesis de investigación, los objetivos, material, métodos y resultados, y con el apoyo de tablas y figuras.

Finalmente, se expondrá una discusión y conclusiones comunes para el conjunto de los tres artículos, dotándoles de una unidad temática.

## **4. Índice**



---

1.	Agradecimientos .....	9
2.	Resúmenes .....	13
2.1	Resumen.....	15
2.2	Resumo.....	16
2.3	Abstract.....	17
3.	Prólogo.....	19
4.	Índice.....	21
5.	Lista de abreviaturas .....	27
6.	Lista de figuras.....	31
7.	Lista de tablas .....	37
8.	Introducción.....	41
8.1	Disimetría de miembros inferiores.....	43
8.2	El asma bronquial .....	45
8.3	Plataforma de presiones .....	46
9.	Justificación.....	49
10.	Hipótesis.....	53
11.	Objetivos .....	57
11.1	Generales .....	59
11.2	Específicos.....	60
12.	Material y métodos .....	63
12.1	Diseño.....	65
12.2	Aspectos éticos y legales.....	65
12.3	Tamaño de la muestra .....	66
12.3.1	Estudio I y Estudio II.....	66
12.3.2	Estudio III .....	66
12.4	Participantes .....	67
12.4.1	Criterios de inclusión .....	67
12.4.2	Criterios de exclusión .....	68
12.5	Variables.....	68
12.5.1	Datos sociodemográficos y clínicos .....	68
12.5.2	Datos dinámicos de la marcha .....	69
12.5.3	Datos estáticos.....	70
12.6	Instrumentos .....	70
12.7	Obtención de datos dinámicos.....	71

---

12.8	Obtención de datos estáticos.....	73
12.9	Análisis estadístico .....	73
12.9.1	Estudio I .....	73
12.9.2	Estudio II .....	75
12.9.3	Estudio III .....	76
13.	Resultados.....	79
13.1	Estudio I.....	81
13.1.1	Datos demográficos y descriptivos.....	81
13.1.2	Análisis de la fiabilidad intrasesión en la primera sesión.....	82
13.1.3	Análisis de la fiabilidad intrasesión en la segunda sesión .....	84
13.1.4	Análisis de la fiabilidad intersesión.....	86
13.1.5	Análisis gráfico de Bland-Altman.....	86
13.2	Estudio II.....	92
13.2.1	Datos demográficos y descriptivos.....	93
13.2.2	Análisis de la fiabilidad intrasesión.....	94
13.2.3	Análisis de la fiabilidad intersesión.....	94
13.2.4	Análisis de la varianza ANOVA de medidas repetidas.....	96
13.3	Estudio III.....	100
13.3.1	Datos demográficos y descriptivos.....	100
13.3.2	Resultados primarios.....	102
13.3.3	Análisis de correlación.....	105
13.3.4	Análisis predictivo multivariante .....	105
14.	Discusión.....	107
14.1	Hallazgos principales .....	109
14.1.1	Fiabilidad de la plataforma de presiones (estudio I) .....	109
14.1.2	Efecto de la disimetría simulada (estudio II).....	111
14.1.3	Efecto del asma bronquial (estudio III) .....	114
14.2	Limitaciones del estudio.....	116
14.3	Futuras investigaciones .....	116
15.	Conclusions.....	119
16.	Bibliografía.....	123
17.	Actividad y producción científica.....	139
17.1	Publicaciones en revistas en Journal Citation Report (JCR).....	141
17.2	Estancias internacionales .....	142
17.3	Becas.....	142



17.4	Asistencia a cursos .....	142
17.5	Asistencia a congresos .....	143



## **5. Lista de abreviaturas**



<b>ANOVA</b>	Análisis de la varianza
<b>CI</b>	Intervalo de confianza
<b>CoV</b>	Coefficiente de variación
<b>EVA</b>	Etilvinilacetato
<b>FEV1</b>	Volumen máximo espirado en el primer segundo
<b>ICC</b>	Coefficiente de correlación intraclase
<b>IMC</b>	Índice de masa corporal
<b>LoA</b>	Límites de concordancia
<b>MDC</b>	Mínimo cambio detectable
<b>NE</b>	Numeración europea
<b>RC</b>	Coefficiente de repetibilidad
<b>SD</b>	Desviación estándar
<b>SEM</b>	Error estándar de medición
<b>STROBE</b>	Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology
<b>UNESCO</b>	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
<b>WMS</b>	Varianza intrasujeto



## **6. Lista de figuras**





**Figura 1.** Detalle de discrepancia en los maléolos tibiales de un paciente con disimetría de miembros inferiores colocado en posición decúbito supino. ....44

**Figura 2.** Ejemplo gráfico de análisis de presión plantar en estática usando el software S-Plate®. .... 47

**Figura 3.** Alzas de EVA utilizadas para simular disimetrías de 5 mm, 10 mm, 15 mm y 20 mm. ....72

**Figura 4.** Gráficos de Bland-Altman para las variables dinámicas de cada pie sin disimetría. Diferencias entre sesiones trazadas contra la media. Tiempo de apoyo en pie derecho (A); Presión media en pie derecho (B); Presión máxima en pie derecho (C); Tiempo de apoyo en pie izquierdo (D); Presión media en pie izquierdo (E); Presión máxima en pie izquierdo (F). ....88

**Figura 5.** Gráficos de Bland-Altman para las variables dinámicas de cada pie con 5 mm de disimetría simulada. Diferencias entre sesiones trazadas contra la media. Tiempo de apoyo en pie derecho (A); Presión media en pie derecho (B); Presión máxima en pie derecho (C); Tiempo de apoyo en pie izquierdo (D); Presión media en pie izquierdo (E); Presión máxima en pie izquierdo (F). ....89

**Figura 6.** Gráficos de Bland-Altman para las variables dinámicas de cada pie con 10 mm de disimetría simulada. Diferencias entre sesiones trazadas contra la media. Tiempo de apoyo en pie derecho (A); Presión media en pie derecho (B); Presión máxima en pie derecho (C); Tiempo de apoyo en pie izquierdo (D); Presión media en pie izquierdo (E); Presión máxima en pie izquierdo (F). ....90

**Figura 7.** Gráficos de Bland-Altman para las variables dinámicas de cada pie con 15 mm de disimetría simulada. Diferencias entre sesiones trazadas contra la media. Tiempo de apoyo en pie derecho (A); Presión media en pie derecho (B); Presión máxima en pie derecho (C); Tiempo de apoyo en pie izquierdo (D); Presión media en pie izquierdo (E); Presión máxima en pie izquierdo (F).  
.....91

**Figura 8.** Gráficos de Bland-Altman para las variables dinámicas de cada pie con 20 mm de disimetría simulada. Diferencias entre sesiones trazadas contra la media. Tiempo de apoyo en pie derecho (A); Presión media en pie derecho (B); Presión máxima en pie derecho (C); Tiempo de apoyo en pie izquierdo (D); Presión media en pie izquierdo (E); Presión máxima en pie izquierdo (F).  
.....92

**Figura 9.** Ejemplo de curvas de presión plantar de un sujeto con disimetría simulada durante la marcha. .... 96

**Figura 10.** Medias marginales estimadas del tiempo de apoyo, la presión media y la presión máxima..... 99

**Figura 11.** Gráfico de dispersión mostrando una débil correlación positiva significativa entre la presión máxima en el antepié derecho y el IMC en pacientes con asma. .... 103

**Figura 12.** Gráfico de dispersión mostrando una débil correlación positiva significativa entre la presión máxima en el antepié derecho y el peso en pacientes sanos. .... 103

**Figura 13.** Gráfico de dispersión mostrando una moderada correlación positiva significativa entre la presión máxima en el antepié derecho y el IMC en pacientes sanos. .... 104

**Figura 14.** Gráfico de dispersión mostrando una moderada correlación negativa significativa entre el porcentaje de carga en el talón izquierdo y la edad en pacientes sanos. .... 104



## **7. Lista de tablas**



<b>Tabla 1.</b> Especificaciones técnicas de la plataforma Podoprint® .....	71
<b>Tabla 2.</b> Especificaciones técnicas de la plataforma S-Plate® .....	71
<b>Tabla 3.</b> Datos demográficos y antropométricos del total de participantes y por género .....	81
<b>Tabla 4.</b> Análisis de la fiabilidad intrasesión de las variables estudiadas para cada pie bajo diferentes condiciones de disimetría simulada en la primera sesión ....	83
<b>Tabla 5.</b> Análisis de la fiabilidad intrasesión de las variables estudiadas para cada pie bajo diferentes condiciones de disimetría simulada en la segunda sesión ...	85
<b>Tabla 6.</b> Análisis de la fiabilidad intersesión de las variables estudiadas para cada pie bajo diferentes condiciones de disimetría simulada .....	87
<b>Tabla 7.</b> Datos demográficos y antropométricos del total de participantes y por género. ....	93
<b>Tabla 8.</b> Análisis de la fiabilidad intersesión de las variables estudiadas para cada pie bajo diferentes condiciones de disimetría simulada. ....	95
<b>Tabla 9.</b> Análisis de varianza de medidas repetidas (RM-ANOVA), incluyendo el test de asunción de esfericidad, el análisis del efecto y el análisis de contraste. .	96
<b>Tabla 10.</b> Comparativa por pares basada en medias marginales estimadas en la pierna corta. ....	97
<b>Tabla 11.</b> Comparativa por pares basada en medias marginales estimadas en la pierna larga. ....	98

**Tabla 12.** Datos sociodemográficos y antropométricos de la muestra de estudio ..... 100

**Tabla 13.** Mediciones de las variables estáticas de los pacientes diagnosticados de asma, controles y total de la muestra. .... 101

**Table 14.** Análisis de correlación bivariado entre los pacientes diagnosticados con asma y el grupo de control. .... 102



## **8. Introducción**

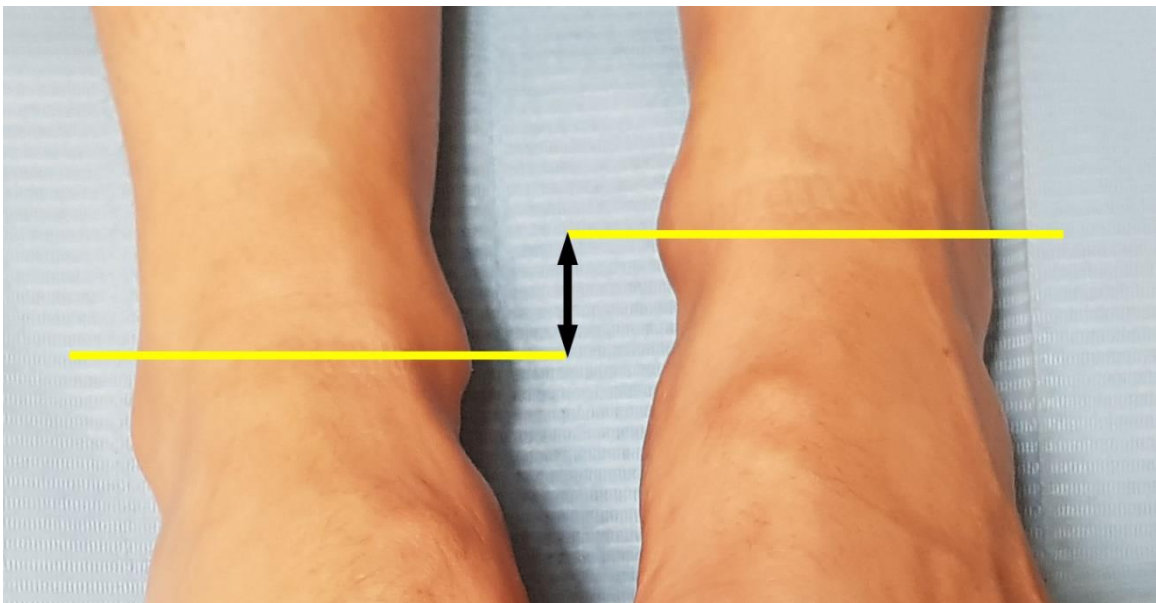


## 8.1 Disimetría de miembros inferiores

La disimetría de miembros inferiores, llamada también anisomelia, es una alteración morfoestructural en la que se presenta una desigualdad en la longitud de las dos extremidades inferiores [1]. Según los diferentes estudios sobre su prevalencia, se puede encontrar en un 40-70% de la población, llegando a discrepancias mayores de 2 cm en aproximadamente un 0,1% [1]. Estas alteraciones (figura 1) pueden clasificarse en disimetrías anatómicas, cuando la diferencia entre las extremidades puede medirse directamente en las tibias, fémures o ambos, y disimetrías funcionales, cuando la desigualdad en la longitud de las piernas es el resultado de anomalías posturales, como pueden ser una excesiva oblicuidad pélvica, una excesiva flexión de rodilla o una excesiva eversión de tobillo en bipedestación [2]. La disimetría de miembros inferiores, tanto anatómica como funcional, ha sido asociada con diferentes patologías, como la artrosis de rodilla o cadera, debido a la distribución inadecuada de cargas mecánicas [3,4]. Además, las asimetrías cinéticas de la marcha generadas a partir de disimetrías de miembros inferiores han sido señaladas como el origen patomecánico de fascitis plantares [5], dolor lumbar [6] y de rodilla [7].

Las asimetrías en la cinemática de la marcha humana [3], como pueden ser la báscula pélvica y la aducción de cadera en la fase de apoyo completo [8,9], también se han asociado con diferentes grados de disimetría anatómica de miembros inferiores. Algunos autores indican relación con alteraciones en la flexión de la cadera, rodilla y tobillo en el plano sagital [8,10], aunque otros no [10,11]. La disimetría de miembros inferiores también parece estar asociada a un

tiempo de carga disminuido en el miembro más corto, una menor velocidad de marcha, un incremento en la cadencia y una disminución de la longitud del paso en el lado corto [12]. La literatura científica propone dos formas diferentes de abordar el estudio de la disimetría de miembros inferiores: realizar investigaciones sobre sujetos con disimetrías reales o simularlas en sujetos sanos. Algunos autores consideran que en la primera opción, las patologías usualmente asociadas en estos pacientes y las compensaciones desarrolladas a lo largo del tiempo limitan los resultados de estos estudios, ya que no pueden aislarse de otros factores [13]. Betsch et al. establecieron un método no invasivo para simular y examinar la disimetría de miembros inferiores y sus efectos en el aparato musculoesquelético usando plataformas plantares [14,15].



**Figura 1.** Detalle de la discrepancia en los maléolos tibiales de un paciente con disimetría de miembros inferiores colocado en posición decúbito supino. Fuente Propia.

El método más utilizado para evaluar diferencias en la longitud de los miembros inferiores en la práctica clínica es la técnica de la cinta. Consiste en medir, utilizando una cinta métrica flexible, la distancia entre la espina iliaca

anterosuperior y el maléolo medial de cada extremidad con el sujeto en decúbito supino, y calcular la diferencia entre ambas mediciones [7]. Los estudios radiográficos son considerados el *gold standard* para el diagnóstico y cuantificación de la disimetría de las extremidades pero tienen el inconveniente de exponer a los pacientes a radiaciones ionizantes [16].

Un estudio realizado por O'Toole en 2003 utilizando plataforma de presiones concluyó que el aumento de la disimetría de los miembros inferiores produce cambios en las diferentes fases del ciclo de la marcha, pero no varía el tiempo de ciclo completo [17].

## **8.2 El asma bronquial**

El asma es la patología respiratoria más prevalente en todo el mundo según datos de la Organización Mundial de la Salud que afecta a unos 300 millones de personas [18], siendo más prevalente en adultos del sexo femenino [19].

Se trata de una enfermedad compleja y multifactorial de etiopatogénesis idiopática [20]. Además de la característica afectación pulmonar que se suele evaluar mediante espirometría forzada, esta patología se ha asociado con trastornos musculoesqueléticos [21], disminución de la calidad de vida [22], reducción de la capacidad funcional, comportamiento sedentario [23] y alteraciones en la mecanosensibilidad [24], lo que representa un importante problema de salud pública.

También se han descrito diversas alteraciones posturales en pacientes diagnosticados de asma, tales como la cifosis dorsal y la hiperlordosis lumbar [21], alteración de la postura de cabeza y hombros [25] y elevación y anteversión de la cintura escapular [26].

Las alteraciones musculoesqueléticas y los cambios de postura en pacientes asmáticos suelen asociarse a alteraciones morfoestructurales [27], que pueden provocar cambios en las presiones plantares de estos pacientes.

La literatura actual habla claramente del impacto de las alteraciones morfoestructurales en la calidad de vida, el dolor, y la funcionalidad, incluyendo el Hallux valgus [28], la enfermedad de Sever [29], las deformidades en pacientes de edad avanzada [30] y lesiones hiperqueratósicas [31].

La biomecánica del aparato locomotor se basa en una interrelación entre los diferentes segmentos corporales, por lo que se hace imprescindible evaluar el impacto de estos cambios posturales de forma conjunta [32].

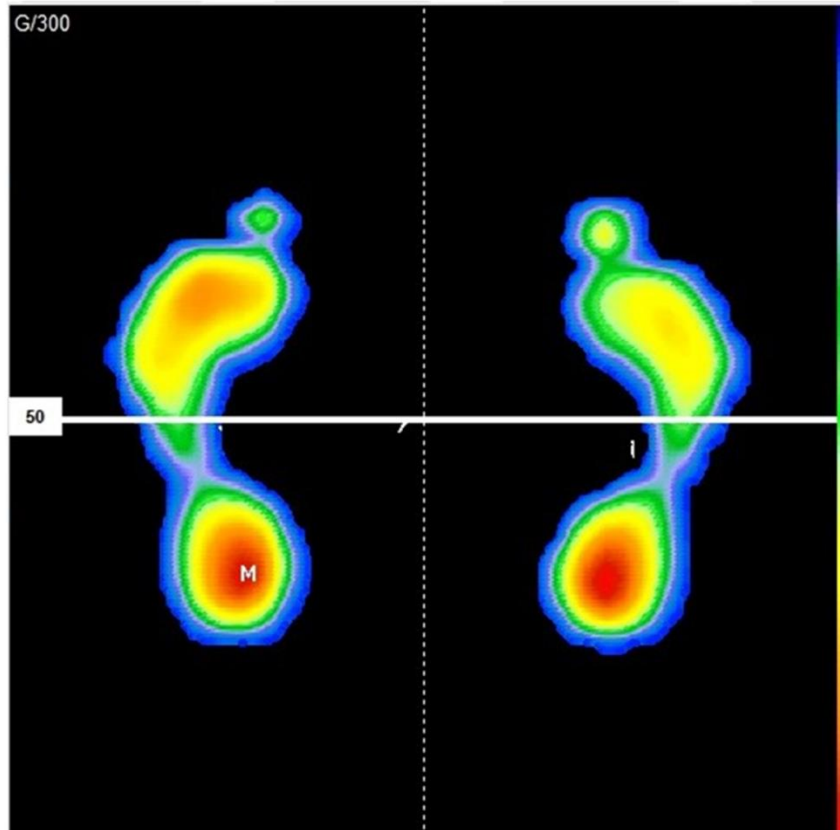
El análisis de la postura y las presiones plantares mediante una plataforma de presiones se ha utilizado para evaluar la influencia postural en diversas patologías como: neuropatía diabética [33], artritis reumatoide [34] u obesidad [35].

### **8.3 Plataforma de presiones**

La baropodografía es el estudio de las presiones que ejerce el pie sobre el suelo (figura 2). Se ha utilizado para estudiar las interacciones del pie con el suelo y con la postura [36] y para detectar alteraciones de la huella plantar que podrían conducir a procesos patológicos en los pacientes [37].

Los dispositivos de medición de la presión del pie, consistentes esencialmente en plataformas de presiones y plantillas instrumentalizadas, son utilizados para cuantificar los parámetros estáticos y dinámicos entre el pie y el suelo, el pie y el calzado o el calzado y el suelo [38,39], y generalmente están destinados tanto para uso clínico como para investigación. En consecuencia, las evaluaciones

sobre la fiabilidad, validez y eficacia de los sistemas de presión son extremadamente relevantes [37,40].



**Figura 2.** Ejemplo gráfico de análisis de presión plantar en estática usando el software S-Plate®.  
Fuente Propia.

Las plataformas de presión Podoprint® (Grupo Namrol, Barcelona, España) y S-Plate® (Medicapteurs, Balma, Francia), utilizadas en nuestras investigaciones, son unas de las más comúnmente empleadas en la práctica clínica y han sido utilizadas en estudios de análisis estático, dinámico y postural, en diferentes temas de investigación [39,41,42].





## **9. Justificación**



En la actualidad, existe un gran interés en la evaluación baropodográfica, tanto en el ámbito de la investigación como en la actividad clínica. Cada vez son más profesionales de la salud los que se ayudan de los diferentes sistemas de presión, tanto para llegar a un diagnóstico clínico de las patologías que presentan sus pacientes, como para obtener datos objetivos que ayuden en el diseño de su tratamiento. Una prueba de ello es la utilización de la plataforma de presión en el diseño de ortesis plantares, de la que se obtienen los valores objetivos para decidir los diferentes grados de intervención que estos dispositivos ejercen sobre las diferentes partes del pie. Estas mediciones, cobran especial importancia en el análisis dinámico, ya que permiten entender la mecánica y génesis de la patología en las condiciones en que generalmente más afectan a la vida diaria, es decir, durante la marcha.

Aunque se ha investigado sobre como diferentes alteraciones morfoestructurales se reflejan en los patrones estáticos y dinámicos de la marcha, todavía no existe un consenso sobre sus efectos. Más concretamente, existe una falta de estudios sobre la evaluación de los efectos de la simulación de disimetría de miembros inferiores en sujetos sanos. Algunos autores consideran la disimetría simulada en pacientes sanos la mejor opción para eliminar factores de confusión que suponen las compensaciones y patologías asociadas que habitualmente presentan los pacientes con disimetría real.

Por este motivo, hemos querido evaluar los cambios que produce la simulación de diferentes grados de disimetría de miembros inferiores en los parámetros dinámicos de la marcha.

Por otro lado, se ha evaluado el propio instrumento de medición. La plataforma de presiones utilizada en este trabajo no contaba con ningún estudio sobre su fiabilidad en la medición de los parámetros dinámicos de la marcha. Es por esto por lo que nuestro primer paso ha sido evaluar la fiabilidad y repetibilidad intra e intersesión de los parámetros dinámicos de la marcha, tanto en condiciones normales como en condiciones de disimetría simulada.

Además, los sistemas de presión aportan parámetros de análisis estático que ofrecen una valiosa información sobre el reparto de cargas sobre la superficie de los pies y por tanto sobre alteraciones posturales. Una condición patológica de interés por su alta incidencia es el asma bronquial, el cual se relaciona con alteraciones biomecánicas y posturales en miembros inferiores. Tenida en cuenta la importancia de las alteraciones morfoestructurales en los pacientes asmáticos, se hace necesario un estudio sobre el efecto de esta patología respiratoria sobre las presiones plantares del pie para determinar posibles acciones clínicas centradas en mejorar la postura corporal de estos pacientes.

Por todo lo mencionado anteriormente, se plantearon las siguientes preguntas de investigación: ¿Existe fiabilidad y repetibilidad, tanto intrasesión como intersesión, en las medidas de los parámetros dinámicos obtenidos con la plataforma de presiones Podoprint® en sujetos con disimetría simulada?, ¿Afecta la disimetría simulada de miembros inferiores a los parámetros dinámicos de la marcha medidas en plataforma de presiones?, y por último, ¿Existen diferencias en las presiones plantares de pacientes con asma bronquial en comparación con sujetos sanos?

## **10. Hipótesis**



Estamos ante una tesis por compendio de artículos. Por este motivo, este trabajo desarrolla tres hipótesis principales:

La primera hipótesis (estudio I) que se presenta en esta investigación es que no hay diferencias sistemáticas en los resultados inter e intrasesión de la plataforma de presiones por lo que es un instrumento de medición fiable para registrar las variables dinámicas de la marcha de pacientes sanos con disimetría simulada.

La segunda hipótesis (estudio II) es que los diferentes grados de disimetría simulada producen cambios en las variables dinámicas de la marcha medidos con plataforma de presiones.

En último lugar, la tercera hipótesis (estudio III) que presenta esta tesis es que existen diferencias significativas en los parámetros estáticos de presión plantar en pacientes con asma bronquial en comparación con individuos sanos.





## **11. Objetivos**



## 11.1 Generales

Cada uno de los estudios que componen esta tesis por compendio de artículos presenta un objetivo principal.

El objetivo principal del primer estudio fue evaluar la fiabilidad y repetibilidad intrasesión e intersesión de los parámetros dinámicos de la marcha para la evaluación de la plataforma de presiones Podoprint®, como instrumento de medición, con sujetos sanos en diferentes grados de simulación de disimetría de miembros inferiores.

Por otro lado, el segundo estudio se llevó a cabo con el objetivo de determinar el efecto generado por los diferentes grados de disimetría simulada en pacientes sanos sobre los parámetros dinámicos de la marcha.

Por último, el objetivo del tercer estudio fue evaluar las diferencias en la presión plantar estática de pacientes con asma bronquial con respecto a las medidas en pacientes sanos.

## 11.2 Específicos

Los objetivos específicos que se abordaron en esta tesis por compendio de artículos fueron los siguientes:

- Evaluar las diferencias de las variables sociodemográficas descriptivas (edad, peso, altura, índice de masa corporal) entre los sujetos de las muestras de estudio (Estudio I, II y III).
- Determinar la variación de la fiabilidad y repetibilidad intrasesión de las variables dinámicas de la marcha realizando mediciones en una misma sesión (Estudio I y II).
- Determinar la variación de la fiabilidad y repetibilidad intersesión de las variables dinámicas de la marcha realizando mediciones en dos sesiones separadas por siete días (Estudio I y II).
- Evaluar los errores sistemáticos en la medición de las variables dinámicas de la marcha obtenidas en la plataforma de presión con diferentes grados de disimetría simulada (Estudio I)
- Analizar el efecto de la disimetría simulada de miembros inferiores en la variación de los parámetros dinámicos de la marcha en pacientes sanos (Estudio II).

- Comparar los parámetros de presión plantar en estática entre pacientes con asma y el grupo control (Estudio III).
- Determinar la correlación entre las mediciones de presión plantar en estática y las variables sociodemográficas descriptivas (Estudio III).
- Determinar predicción entre las mediciones de presión plantar en estática y las variables sociodemográficas descriptivas (Estudio III).



## **12. Material y métodos**





### **12.1 Diseño.**

Para llevar a cabo esta tesis por compendio de artículos se desarrollaron una serie de estudios observacionales y descriptivos con diferente diseño temporal, donde se recogieron los parámetros dinámicos y estáticos de los sujetos de estudio en dos estudios de sección transversal y uno de casos y controles.

Para el diseño y consecución de los estudios se siguieron los criterios de *Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology* (STROBE) para estudios observacionales [43].

### **12.2 Aspectos éticos y legales.**

Este proyecto de investigación obtuvo los informes favorables de los Comités de Ética de la Investigación de la Universidad Rey Juan Carlos (estudios I y II), y de la Universidade da Coruña (estudio III).

Por otro lado, todos los participantes superaron los criterios de inclusión y exclusión y firmaron, previa lectura y explicación, un consentimiento informado por escrito, donde se describen la finalidad y procedimientos del estudio y sus derechos como participantes antes de ser incluidos en esta investigación.

Durante todo el proceso se siguieron los principios éticos para la investigación humana de la Declaración de Helsinki, el Convenio del Consejo Europeo sobre Derechos Humanos y Biomedicina, la Declaración Universal de los Derechos Humanos de la UNESCO, así como de los organismos e instituciones nacionales pertinentes [44–46].

## 12.3 Tamaño de la muestra

Se calculó el tamaño muestral de los diferentes estudios sobre la base de trabajos precedentes de similares características con la ayuda del software de cálculo de tamaño muestral GRANMO<sup>®</sup> versión 7.12, desarrollado por el Programa de Investigación de Alteraciones Inflamatorias y Cardiovasculares del Instituto Municipal de Investigación Médica-Hospital del Mar de Barcelona [47], y también con el software G\*Power<sup>®</sup> versión 3.1.9.2, (Análisis de potencia estadística para Windows<sup>®</sup>, Universität Düsseldorf, Germany) [48].

### 12.3.1 Estudio I y Estudio II

Para el cálculo del tamaño muestral de los estudios I y II se utilizó el software GRANMO<sup>®</sup> y se tomó como referencia un estudio precedente sobre la correlación de diferentes grados de disimetría con los parámetros dinámicos de la marcha medidos en plataforma de presiones [17], con una desviación estándar de 4,34 – 3,48, una potencia estadística del 80% ( $\beta=0,2$ ), un intervalo de confianza del 95% ( $\alpha=0,05$ ) y un test de dos colas, se calculó un tamaño muestral requerido de  $n=37$  sujetos para detectar una diferencia mayor o igual a 0,4 unidades. Se asumió una desviación estándar de 0,86 y una pérdida de seguimiento del 0%.

### 12.3.2 Estudio III

Para el cálculo del tamaño muestral del estudio III se utilizó el software G\*Power<sup>®</sup> (versión 3.1.9.2, Análisis de potencia estadística para Windows<sup>®</sup>, Universität Düsseldorf, Alemania) teniendo en cuenta la diferencia entre dos grupos para muestras independientes sobre la base de un estudio piloto ( $n=40$ ) de evaluación de valores de presión plantar medidos con plataforma de presión en dos grupos

(media  $\pm$  desviación estándar), uno de 20 pacientes con asma ( $25,35 \pm 2,27$ ) y otro de 20 sujetos sanos ( $26,95 \pm 3,50$ ).

Para ello, se usó un cálculo de una cola, un tamaño del efecto Cohen  $d = 0,54$ , ajustando el error tipo 1 con una fiabilidad estadística del 95% ( $\alpha=0,05$ ) y una potencia estadística del 80% ( $\beta=0,2$ ).

El resultado fue un tamaño muestral requerido de 86 participantes, 43 casos y 43 controles.

## **12.4 Participantes**

Para los estudios I y II se reclutaron 37 participantes, los cuales fueron seleccionados por el método de conveniencia consecutiva en el área de podología de un centro de salud multidisciplinar privado situado en Vigo. Para el estudio III, la muestra se compuso de 90 voluntarios, 45 casos y 45 controles, reclutados en el área de alergología del Hospital Universitario de Ferrol y en una clínica privada de A Coruña respectivamente.

### **12.4.1 Criterios de inclusión**

Para el estudio I y el estudio II los criterios de inclusión fueron los siguientes: 1) sujetos mayores de edad, 2) con patrón de marcha normal, 3) sin trastornos en miembros inferiores, cadera o espalda, 4) sin cirugías previas en miembros inferiores.

Para el estudio III se siguieron los siguientes criterios de inclusión: 1) sujetos con edades comprendidas entre 18 y 65 años, 2) no tratados con inmunoterapia antialérgica, 3) no fumadores activos o exfumadores, 4) en el grupo de casos,

pacientes que presentaron una prueba de broncodilatación positiva autoinformada con un FEV<sub>1</sub> superior a 200 ml y un 12% con respecto a los valores de referencia [49].

#### **12.4.2 Criterios de exclusión**

Para los estudios I y II los criterios de exclusión fueron los siguientes: 1) sujetos con cirugías previas en pies, rodillas o caderas, 2) antecedentes de fractura ósea en miembros inferiores, 4) y los que en el examen clínico presenten alteraciones congénitas o adquiridas, 5) limitaciones articulares, 6) disimetrías de miembros inferiores mayores de 5 mm, 7) pronación asimétrica de los pies [50] y 8) gestantes.

Para el estudio III se determinaron los siguientes criterios de exclusión: 1) sujetos menores de edad o mayores de 65 años, 2) tratados previamente con inmunoterapia antialérgica, 4) fumadores activos o exfumadores, 5) que no hayan firmado el consentimiento informado, 6) con diagnóstico de enfermedades sistémicas, 7) psiquiátricas, 8) neuropáticas, 9) patologías musculoesqueléticas y/o 10) cáncer.

### **12.5 Variables**

#### **12.5.1 Datos sociodemográficos y clínicos**

En los tres estudios que conforman esta investigación (estudios I, II y III) se registraron los siguientes datos sociodemográficos y descriptivos: género (masculino / femenino), edad (medido en años), altura (medida en m), peso (medido en kg), índice de masa corporal (medido en kg/m<sup>2</sup> de acuerdo con el índice de Quetelet) [51]. En los estudios I y II se recogió también la talla de calzado según el sistema de numeración europeo.

Además, se recogieron datos referidos al estado de salud general de los participantes en la investigación, hábitos relacionados con la salud como el consumo de alcohol y tabaco, práctica de actividades deportivas o el estado de ánimo.

Para confirmar que los participantes de los estudios I y II no presentaban disimetría, se llevó a cabo la medición de las dos extremidades con el método de la cinta métrica flexible, demostrado fiable, con un coeficiente de correlación intraclase (ICC) inter-explorador de 0,98, y un ICC de 0,99 en la comparación de esta técnica con la radiográfica [52].

Por último, se registraron cuestiones relacionadas específicamente con la funcionalidad biomecánica, tales como la concurrencia de patologías musculoesqueléticas, y/o neurológicas, síntomas y tratamientos actuales.

### **12.5.2 Datos dinámicos de la marcha**

Para evaluar los patrones dinámicos de la marcha (estudios I y II) se registraron las siguientes variables: 1) tiempo de apoyo de la pierna corta/izquierda (medido en ms), 2) tiempo de apoyo de la pierna larga/derecha (medido en ms), 3) presión media de la pierna corta/izquierda (medida en g/cm<sup>2</sup>), 4) presión media de la pierna larga/derecha (medida en g/cm<sup>2</sup>), 5) presión máxima de la pierna corta/izquierda (medida en g/cm<sup>2</sup>), 6) presión máxima de la pierna larga/derecha (medida en g/cm<sup>2</sup>). Todas las variables dinámicas se registraron en las diferentes condiciones de disimetría simulada de 0 mm, 5 mm, 10 mm, 15 mm y 20 mm. Estos parámetros son considerados los más habitualmente relevantes en la evaluación de condiciones patológicas del pie [40,53,54].

### 12.5.3 Datos estáticos

Para evaluar la carga estática (estudio III) se registraron las siguientes variables:

1) Superficie de apoyo total (medida en  $\text{cm}^2$ ), 2) superficie de apoyo del antepié izquierdo (medida en  $\text{cm}^2$ ), 3) superficie de apoyo del retropié izquierdo (medida en  $\text{cm}^2$ ), 4) superficie de apoyo del antepié derecho (medida en  $\text{cm}^2$ ), 5) superficie de apoyo del retropié derecho (medida en  $\text{cm}^2$ ), 6) porcentaje de carga de la pierna izquierda, 7) porcentaje de carga de la pierna derecha, 8) porcentaje de carga del antepié izquierdo, 9) porcentaje de carga del retropié izquierdo, 10) porcentaje de carga del antepié derecho, 11) porcentaje de carga del retropié derecho, 12) presión máxima media (medida en  $\text{g}/\text{cm}^2$ ), 13) presión máxima en antepié izquierdo (medida en  $\text{g}/\text{cm}^2$ ), 14) presión máxima en retropié izquierdo (medida en  $\text{g}/\text{cm}^2$ ), 15) presión máxima en antepié derecho (medida en  $\text{g}/\text{cm}^2$ ), 16) presión máxima en retropié derecho (medida en  $\text{g}/\text{cm}^2$ ).

### 12.6 Instrumentos

En los estudios que conforman esta investigación se utilizaron los sistemas de presiones Podoprint<sup>®</sup> (Namrol Group, Barcelona, España), para determinar los parámetros dinámicos de la marcha (estudios I y II), y el sistema de presiones S-Plate<sup>®</sup> (Medicapteurs, Balma, Francia) para medir los parámetros estáticos (estudio III).

Estas plataformas de presiones disponen de Certificado de la Comunidad Europea y un sistema de autocalibrado, cuyas especificaciones técnicas se detallan en las tablas 1 y 2. Ambos dispositivos se componen de una matriz de 1600 sensores resistivos de 10 mm x 10 mm, con una frecuencia de muestreo de 100 Hz. Los datos obtenidos por las plataformas fueron almacenados y procesados por el

software específico del fabricante de cada plataforma, Podoprint<sup>®</sup> for Windows<sup>®</sup>, versión 8.6.5, y S-Plate<sup>®</sup> for Windows<sup>®</sup>, en un ordenador.

**Tabla 1.** Especificaciones técnicas de la plataforma Podoprint<sup>®</sup>.

<b>Especificaciones</b>	<b>Descripción</b>
Dimensiones (largo/ancho/alto)	615 x 565 x 23 mm
Peso	3,15 kg
Tipo de sensor	Resistivo autocalibrado
Superficie activa	400 x 400 mm
Dimensiones del sensor	10 x 10 mm
Número de sensores	1600 (40 x 40)
Rango de presión por sensor	0.4 N/m <sup>2</sup> (0.0004 kPa) a 100 N/m <sup>2</sup> (0,1 kPa)
Temperatura de funcionamiento	0 °C a +40 °C
Frecuencia de muestreo	100 Hz
Alimentación	Universal Serial Bus (USB) 5V, 400 mA
Requerimientos de sistema operativo	Windows <sup>®</sup> 7, 8 o 10

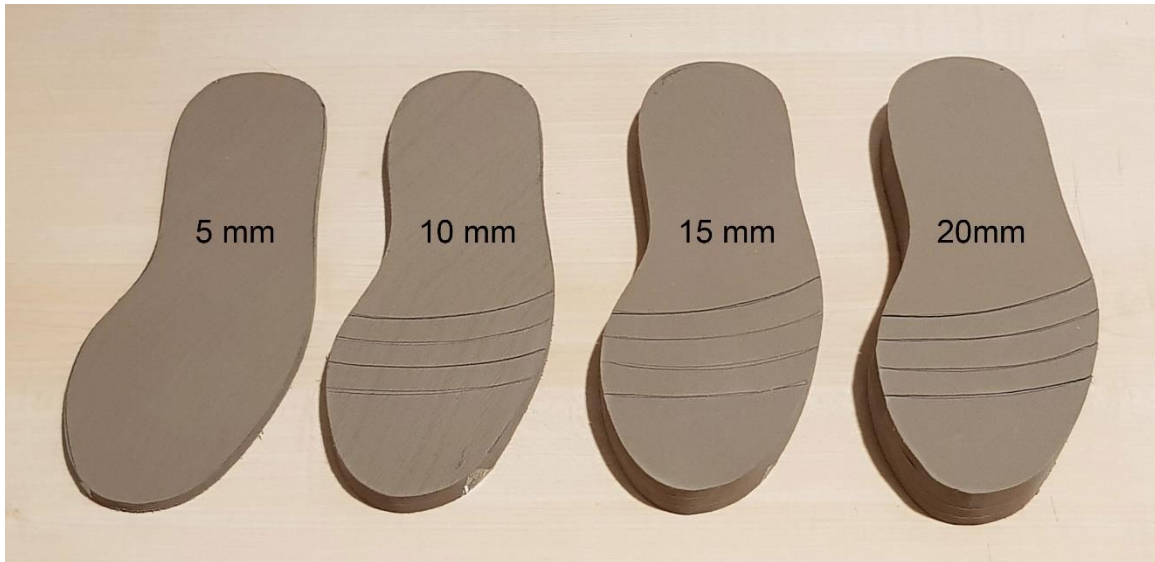
**Tabla 2.** Especificaciones técnicas de la plataforma S-Plate<sup>®</sup>

<b>Especificaciones</b>	<b>Descripción</b>
Dimensiones (largo/ancho/alto)	565 x 612 x 22 mm
Peso	3,10 kg
Tipo de sensor	Resistivo autocalibrado
Superficie activa	400 x 400 mm
Dimensiones del sensor	10 x10 mm
Número de sensores	1600 (40 x 40)
Rango de presión por sensor	0.4 N/m <sup>2</sup> (0.0004 kPa) a 100 N/m <sup>2</sup> (0,1 kPa)
Temperatura de funcionamiento	0 °C a +60 °C
Frecuencia de muestreo	100 Hz
Alimentación	Universal Serial Bus (USB) 5V, 400 mA
Requerimientos de sistema operativo	Windows <sup>®</sup> 7, 8 o 10

## 12.7 Obtención de datos dinámicos

Para la obtención de los datos dinámicos (estudio I y II) se simularon los diferentes grados de disimetría utilizando alzas de etilvinilacetato (EVA) de dureza shore 70A y con alturas de 5 mm, 10 mm, 15 mm y 20 mm (figura 3), las cuales fueron aseguradas con cinta adhesiva de doble cara al calzado del pie derecho de cada

paciente. En las alzas de grosor mayor de 5 mm se realizaron unos cortes transversales coincidentes con la zona subcapital del pie para facilitar la flexión dorsal de las articulaciones metatarsofalángicas, evitando un posible “efecto ferulización” que pudiera afectar a la biomecánica del pie durante la marcha.



**Figura 3.** Alzas de EVA utilizadas para simular disimetrías de 5 mm, 10 mm, 15 mm y 20 mm. Fuente Propia.

La plataforma de presiones Podoprint® fue instalada en el centro de una pasarela de 4,8 m de longitud y 1,2 m de ancho, al mismo nivel de esta, evitando cualquier resalte con el nivel del suelo. Cada voluntario fue instruido para caminar con normalidad sobre la plataforma, con la cabeza mirando al frente, y ajustando la posición de salida para acertar la pisada en la plataforma sin forzar el paso. La velocidad de la marcha fue la escogida por cada participante, aunque se controló con grabaciones de video que dicha velocidad se encontrase entre 81 y 138 pasos por minuto en todas las pruebas, ya que está considerada la cadencia normal en condiciones de laboratorio [55]. Cada participante fue invitado a realizar marchas



durante varios minutos sobre la plataforma para familiarizarse con el espacio y con cada grado de disimetría simulada antes de empezar con el registro de datos.

Se llevaron a cabo tres pruebas dinámicas por cada grado de disimetría. El orden de colocación de las alzas en los sujetos fue creciente de 0 mm a 20 mm (estudio I), o aleatorio (estudio II). Cada una de las pruebas consistió en el registro de datos promediados de cuatro pisadas de cada pie. Cada participante realizó una segunda sesión con idénticos procedimientos siete días después de la primera. En total se registraron los datos dinámicos de 8.880 pisadas.

## **12.8 Obtención de datos estáticos**

Para la obtención de los datos estáticos (estudio III) se utilizó la plataforma de presiones S-Plate<sup>®</sup> empleada en varias investigaciones previas [54,56,57]. Para la obtención de las medidas en posición estática, cada sujeto fue instruido para mantener una posición recta, con la cabeza mirando al frente y los brazos relajados a cada costado buscando una posición corporal simétrica y lo más inmóvil posible. Se registraron 6 pruebas válidas de 30 segundos por sujeto, descartando aquellas en que el participante se moviese.

## **12.9 Análisis estadístico**

Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico IBM<sup>®</sup> SPSS<sup>®</sup> para Windows<sup>®</sup> (SPSS, Inc., Chicago, IL, EE.UU) en sus versiones 22.0 (estudios I y II) y 24.0 (estudio III).

### **12.9.1 Estudio I**

Para el análisis estadístico de los datos, se calcularon la media y la desviación estándar con un intervalo de confianza del 95%. Se analizó la normalidad en la

distribución de los resultados con las pruebas de Kolmogorov-Smirnov indicando una diferencia estadísticamente significativa si  $p < 0,05$ . Para el cálculo de la fiabilidad intrasesión se describió la fiabilidad de las mediciones obtenidas de tres pruebas repetidas en cada sesión, mientras que la reproducibilidad intersesión (repetibilidad) consistió en describir las diferencias existentes entre las mediciones de la primera y segunda sesión. En primer lugar, para estudiar la fiabilidad intrasesión, se calculó el ICC modelo (2,1) de acuerdo absoluto [58]. Se calculó el coeficiente de variación (CoV%) para hacer referencia a la relación entre el tamaño de la media y la variabilidad en cada una de las variables estudiadas mediante la fórmula  $CoV\% = DS / media * 100\%$  [59]. También se obtuvo el cálculo del error estándar de medición (SEM%) expresado en porcentaje para su mejor interpretación de la manera siguiente:  $SEM\% = SEM / media * 100\%$ , siendo el  $SEM = DS * \sqrt{(1 - ICC)}$  [60]. Por último, se calculó el mínimo cambio detectable (MDC), definido como la magnitud de variación de valor de cada escala por debajo de la cual ese cambio puede interpretarse como inherente a la variabilidad del propio método de medición, sin que se produzca un verdadero cambio en la situación que se está midiendo. Se obtuvo con la fórmula  $MDC = 1,96 * SEM \sqrt{2}$  y se expresó en porcentaje de la siguiente manera:  $MDC\% = MDC / media * 100$  [58,61].

Para estudiar la fiabilidad intersesión se utilizó el promedio de las mediciones de las dos sesiones para calcular el ICC. Para obtener la comparación absoluta de los resultados entre sesiones, el CoV, el SEM y el MDC fueron calculados también como porcentajes de la media. Además, se calculó el coeficiente de repetibilidad (RC) mediante la fórmula  $CR = 1,96 \sqrt{2} * \sqrt{WMS}$ , siendo WMS la varianza intrasujeto y expresándose en porcentaje con la fórmula  $CR\% = CR / media * 100$ . Por otro lado,

se calcularon el límite de concordancia (LoA) para explicar la cantidad de variación que puede influir en las mediciones, y que fue calculado con la fórmula  $LoA95\%=(\bar{D}-1,96*DS_{\bar{D}},\bar{D}+1,96*DS_{\bar{D}})$ , donde  $\bar{D}$  es la diferencia de medias entre sesiones 1 y 2, y  $DS_{\bar{D}}$  es la desviación estándar de las diferencias [59]. También se obtuvieron los gráficos de Bland-Altman para evaluar los errores sistemáticos de medición [62]. Por último, se determinaron las diferencias entre las mediciones de la primera y segunda sesión usando la prueba t-Student pareada, considerando resultados con una  $p<0,05$  con una diferencia estadísticamente significativa. Para comparar las variables demográficas descriptivas edad, peso, altura, IMC y número de calzado según el género de los sujetos de estudio se utilizó la prueba t-Student independiente.

### 12.9.2 Estudio II

Se evaluó la normalidad de todos los datos con la prueba de Shapiro-Wilk, tomando como diferencias estadísticamente significativas los valores de  $p<0,05$ . Todas las mediciones se presentaron como media y desviación estándar. Se calculó la fiabilidad intra e intersesión utilizando los mismos procedimientos y pruebas estadísticas explicados en el estudio I. Para comprobar las diferencias de las variables dinámicas de la marcha en las diferentes condiciones de disimetría simulada se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas [63]. Se aplicó el ajuste de Bonferroni para el error de tipo I por comparaciones múltiples. Se comprobó la esfericidad de los datos con la prueba de Mauchly y se utilizó la corrección de Greenhouse-Geisser cuando no se cumplió el supuesto. El nivel de significancia se estableció en  $p<0,05$ . Para evaluar el tamaño del efecto se calculó la eta cuadrado parcial ( $\eta^2_p$ ). Cohen estableció valores de referencia

para determinar el tamaño del efecto como pequeño ( $\eta^2=0,01$ ), mediano ( $\eta^2=0,06$ ) y grande ( $\eta^2=0,14$ ) [64]. Por último, se llevó a cabo una comparación por pares entre los diferentes niveles de disimetría simulada.

### 12.9.3 Estudio III

Para el estudio III se consideró un valor de significancia de  $p<0,05$  (error  $\alpha$  de 0,05) para un intervalo de confianza del 95%. Para determinar la distribución normal de los datos se utilizó la prueba Kolmogorov-Smirnov con la corrección de Lilliefors. Los datos paramétricos se presentaron como media, desviación estándar (SD) y rango. Los datos definidos como paramétricos según los resultados de la prueba Kolmogorov-Smirnov ( $p\geq 0,05$ ) fueron comparados con la prueba t-Student para variables independientes (de acuerdo con la prueba de Levene). Los datos no paramétricos, con un valor  $p<0,05$  en la prueba Kolmogorov-Smirnov se compararon con la prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes. En relación con los datos categóricos, se usó la frecuencia para detallar sus valores. Las diferencias de género entre los grupos de casos y controles se determinaron con la prueba exacta de Fisher.

Se procedió con un análisis de correlación bivariado entre el grupo de pacientes con asma bronquial y el grupo de control con sujetos sanos para correlacionar las mediciones que mostraban diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos (porcentaje de carga en retropié izquierdo y presión máxima en el antepié derecho) con los datos sociodemográficos y descriptivos (edad, peso, altura e IMC). Se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson ( $r$ ) y Spearman ( $r_s$ ) según la distribución paramétrica o no paramétrica de las variables. Se tomaron como referencia los valores de 0,00 a 0,39 como correlación débil, de

0,40 a 0,69 moderada, de 0,70 a 0,84 fuerte y de 0,85 a 1,00 como muy fuerte correlación [65]. Se completó el análisis con gráficos de dispersión para los resultados de correlación estadísticamente significativos. En último lugar, se llevaron a cabo análisis predictivos multivariados mediante regresión lineal en las variables que previamente mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de casos y controles, con base en los datos sociodemográficos y descriptivos. Las regresiones lineales se aplicaron con el método de selección por pasos, determinando el coeficiente  $R^2$  para establecer el ajuste de calidad. Los datos sociodemográficos y descriptivos (género, edad, peso, altura e IMC) se consideraron variables independientes, mientras que las variables carga del retropié izquierdo y máxima presión en el antepié derecho se consideraron variables dependientes [24].



## **13. Resultados**





## 13.1 Estudio I

### 13.1.1 Datos demográficos y descriptivos

En el primer estudio llevado a cabo, se reclutaron 37 sujetos sanos, de los cuales 13 (35%) eran hombres y 24 (65%) eran mujeres.

La tabla 3 muestra los datos demográficos y antropométricos del total de los participantes y divididos por género expresados con la media, la desviación estándar y el intervalo de confianza al 95%. Las variables edad, peso, altura, índice de masa corporal, y talla de calzado se compararon por género con la prueba t-independiente. No se hallaron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) en las variables edad e índice de masa corporal. Por el contrario, se observaron diferencias ( $p < 0,05$ ) en las variables peso, altura y talla de calzado. Estas diferencias son asumidas como normales, ya que pueden explicarse directamente por las diferencias antropométricas entre hombres y mujeres.

**Tabla 3.** Datos demográficos y antropométricos del total de participantes y por género.

Variable	Hombres n = 13	Mujeres n = 24	Total (n = 37)	p
	media $\pm$ SD (95% IC)	media $\pm$ SD (95% CI)	media $\pm$ SD (95% CI)	
Edad (años)	48,08 $\pm$ 17,38 (37,57-58,58)	42,17 $\pm$ 14,76 (35,93-48,40)	44,24 $\pm$ 15,75 (38,99-49,50)	0,282
Peso (kg)	73,38 $\pm$ 8,31 (68,36-78,40)	64,50 $\pm$ 12,95 (59,02-69,97)	67,62 $\pm$ 12,19 (63,55-71,68)	0,032
Altura (cm)	174,46 $\pm$ 9,27 (168,85-180,06)	163,62 $\pm$ 8,54 (160,01-167,23)	167,43 $\pm$ 10,14 (164,05-170,81)	0,01
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	24,18 $\pm$ 2,82 (22,47-25,89)	24,74 $\pm$ 5,32 (22,49-26,99)	24,54 $\pm$ 4,56 (23,02-26,07)	0,677
Talla de calzado (NE)	42,23 $\pm$ 2,37 (40,79-43,66)	38 $\pm$ 1,37 (37,41-38,58)	39,48 $\pm$ 2,69 (38,58-40,38)	<0,001

Abreviaturas: IMC, índice de masa corporal; DS, desviación estándar; 95% CI, intervalo de confianza de 95%; NE, numeración europea.

### **13.1.2 Análisis de la fiabilidad intrasesión en la primera sesión**

Los resultados de las variables estudiadas en la primera sesión se presentaron con la media, la desviación estándar y el intervalo de confianza al 95%. Para todas ellas, se obtuvieron distribuciones normales al no hallar diferencias estadísticamente significativas en la prueba de normalidad ( $p > 0,05$ ).

En la tabla 4 se presenta el análisis de la fiabilidad intrasesión de las variables estudiadas para cada pie bajo diferentes condiciones de disimetría simulada en la primera sesión. Se observa un índice de correlación intraclase (ICC) con un rango comprendido entre 0,775 y 0,983, un porcentaje de error estándar de medición (SEM) comprendido entre 0,059% y 1,095%, un coeficiente de variación (CoV) de entre 0,322% y 2,474% y un porcentaje del mínimo cambio detectable (MDC) con un rango entre 0,051% y 3,037%.

**Tabla 4.** Análisis de la fiabilidad intrasesión de las variables estudiadas para cada pie bajo diferentes condiciones de disimetría simulada en la primera sesión.

Variable	Media $\pm$ SD	CoV (%)	ICC (2,1) (95% CI)	SEM%	MDC%
<b>0 mm de disimetría</b>					
STL (ms)	780,360 $\pm$ 7,131	0,913	0,898 (0,825-0,944)	0,291	0,808
STR (ms)	772,613 $\pm$ 6,698	0,866	0,917 (0,857-0,954)	0,249	0,692
MPL (g/cm <sup>2</sup> )	763,027 $\pm$ 11,271	1,447	0,915 (0,854-0,953)	0,43	0,156
MPR (g/cm <sup>2</sup> )	769,324 $\pm$ 7,263	0,944	0,892 (0,813-0,941)	0,31	0,111
PPL (g/cm <sup>2</sup> )	1449,297 $\pm$ 13,402	0,924	0,914 (0,852-0,953)	0,271	0,051
PPR (g/cm <sup>2</sup> )	1445,532 $\pm$ 17,208	1,19	0,931 (0,881-0,962)	0,312	0,866
<b>5 mm de disimetría</b>					
STL (ms)	778,396 $\pm$ 13,756	1,767	0,873 (0,783-0,930)	0,628	1,743
STR (ms)	770,351 $\pm$ 14,163	1,839	0,775 (0,613-0,876)	0,872	2,417
MPL (g/cm <sup>2</sup> )	776,240 $\pm$ 7,500	0,966	0,940 (0,896-0,967)	0,237	0,656
MPR (g/cm <sup>2</sup> )	761,991 $\pm$ 10,201	1,339	0,912 (0,849-0,952)	0,397	1,101
PPL (g/cm <sup>2</sup> )	1495,225 $\pm$ 12,651	0,846	0,906 (0,837-0,948)	0,259	0,719
PPR (g/cm <sup>2</sup> )	1365,090 $\pm$ 16,766	1,228	0,928 (0,877-0,961)	0,33	0,913
<b>10 mm de disimetría</b>					
STL (ms)	787,207 $\pm$ 6,588	0,837	0,973 (0,954-0,985)	0,138	0,381
STR (ms)	793,063 $\pm$ 5,697	0,718	0,976 (0,959-0,987)	0,111	0,308
MPL (g/cm <sup>2</sup> )	780,432 $\pm$ 5,791	0,742	0,965 (0,940-0,981)	0,139	0,385
MPR (g/cm <sup>2</sup> )	741,081 $\pm$ 12,886	1,739	0,919 (0,861-0,956)	0,495	1,372
PPL (g/cm <sup>2</sup> )	1456,297 $\pm$ 9,645	0,662	0,909 (0,843-0,950)	0,2	0,554
PPR (g/cm <sup>2</sup> )	1274,694 $\pm$ 26,494	2,078	0,869 (0,774-0,928)	0,752	2,085
<b>15 mm de disimetría</b>					
STL (ms)	786,486 $\pm$ 7,819	0,994	0,983 (0,970-0,991)	0,13	0,359
STR (ms)	798,378 $\pm$ 7,206	0,903	0,980 (0,965-0,989)	0,128	0,354
MPL (g/cm <sup>2</sup> )	779,225 $\pm$ 2,512	0,322	0,966 (0,942-0,982)	0,059	0,165
MPR (g/cm <sup>2</sup> )	721,721 $\pm$ 5,353	0,742	0,922 (0,866-0,957)	0,207	0,574
PPL (g/cm <sup>2</sup> )	1451,928 $\pm$ 7,477	0,515	0,889 (0,807-0,939)	0,172	0,476
PPR (g/cm <sup>2</sup> )	1247,279 $\pm$ 22,891	1,835	0,778 (0,617-0,878)	0,865	2,397
<b>20 mm de disimetría</b>					
STL (ms)	788,288 $\pm$ 3,357	0,426	0,975 (0,956-0,986)	0,067	0,187
STR (ms)	807,928 $\pm$ 4,092	0,506	0,976 (0,959-0,987)	0,078	0,217
MPL (g/cm <sup>2</sup> )	782,468 $\pm$ 3,751	0,479	0,964 (0,938-0,980)	0,091	0,252
MPR (g/cm <sup>2</sup> )	723,595 $\pm$ 2,566	0,355	0,894 (0,817-0,942)	0,115	0,32
PPL (g/cm <sup>2</sup> )	1446,685 $\pm$ 23,562	1,629	0,917 (0,857-0,954)	0,469	1,301
PPR (g/cm <sup>2</sup> )	1232,351 $\pm$ 30,494	2,474	0,804 (0,663-0,892)	1,095	3,037

Abreviaturas: SD, desviación estándar; CoV, coeficiente de variación; ICC, coeficiente de correlación intraclase; 95%CI, intervalo de confianza de 95%; SEM%, porcentaje de error estándar de medición; MDC%, porcentaje de mínimo cambio detectable; STL, tiempo de apoyo del pie izquierdo; STR, tiempo de apoyo del pie derecho; MPR, presión media en el pie derecho; MPL, presión media en el pie izquierdo; PPL, presión máxima en el pie izquierdo; PPR, presión máxima en el pie derecho.

### 13.1.3 Análisis de la fiabilidad intrasesión en la segunda sesión

Los resultados de las variables estudiadas en la segunda sesión se presentaron con la media, la desviación estándar y el intervalo de confianza al 95%. Para todas ellas, se obtuvieron distribuciones normales al no hallar diferencias estadísticamente significativas en la prueba de normalidad ( $p > 0,05$ ).

En la tabla 5 se muestra el análisis de la fiabilidad intrasesión de las variables estudiadas para cada pie bajo diferentes condiciones de disimetría simulada en la segunda sesión. Se observa un índice de correlación intraclase (ICC) con un rango comprendido entre 0,860 y 0,985, un porcentaje de error estándar (SEM) de medición comprendido entre 0,014% y 0,635%, un coeficiente de variación (CoV) de entre 0,077% y 1,848% y un porcentaje del mínimo cambio detectable (MDC) con un rango entre 0,038% y 1,759%.

**Tabla 5.** Análisis de la fiabilidad intrasesión de las variables estudiadas para cada pie bajo diferentes condiciones de disimetría simulada en la segunda sesión.

Variables	Media $\pm$ SD	CoV (%)	ICC (2,1) (95% CI)	SEM%	MDC%
<b>0 mm de disimetría</b>					
STL (ms)	775,099 $\pm$ 0,595	0,077	0,968 (0,945-0,983)	0,014	0,038
STR (ms)	771,712 $\pm$ 5,022	0,651	0,974 (0,955-0,986)	0,105	0,291
MPL (g/cm <sup>2</sup> )	776,775 $\pm$ 6,734	0,867	0,958 (0,929-0,977)	0,178	0,492
MPR (g/cm <sup>2</sup> )	786,541 $\pm$ 7,346	0,934	0,923 (0,867-0,958)	0,259	0,718
PPL (g/cm <sup>2</sup> )	1473,108 $\pm$ 9,370	0,636	0,923 (0,868-0,958)	0,177	0,489
PPR (g/cm <sup>2</sup> )	1476,541 $\pm$ 14,250	0,965	0,958 (0,927-0,977)	0,198	0,548
<b>5 mm de disimetría</b>					
STL (ms)	781,739 $\pm$ 11,497	1,471	0,860 (0,758-0,923)	0,55	1,525
STR (ms)	781,532 $\pm$ 5,250	0,672	0,982 (0,968-0,990)	0,09	0,25
MPL (g/cm <sup>2</sup> )	772,883 $\pm$ 3,435	0,444	0,957 (0,925-0,976)	0,092	0,255
MPR (g/cm <sup>2</sup> )	774,243 $\pm$ 11,728	1,515	0,922 (0,865-0,957)	0,423	1,173
PPL (g/cm <sup>2</sup> )	1467,964 $\pm$ 14,614	0,996	0,927 (0,874-0,960)	0,269	0,746
PPR (g/cm <sup>2</sup> )	1361,396 $\pm$ 10,761	0,79	0,948 (0,910-0,971)	0,18	0,5
<b>10 mm de disimetría</b>					
STL (ms)	789,550 $\pm$ 3,527	0,447	0,982 (0,969-0,990)	0,06	0,166
STR (ms)	785,045 $\pm$ 6,698	0,853	0,976 (0,958-0,987)	0,132	0,366
MPL (g/cm <sup>2</sup> )	777,108 $\pm$ 2,357	0,303	0,966 (0,942-0,981)	0,056	0,155
MPR (g/cm <sup>2</sup> )	733,541 $\pm$ 5,050	0,688	0,913 (0,851-0,952)	0,203	0,563
PPL (g/cm <sup>2</sup> )	1468,613 $\pm$ 24,001	1,634	0,930 (0,880-0,962)	0,432	1,199
PPR (g/cm <sup>2</sup> )	1277,036 $\pm$ 13,052	1,022	0,930 (0,879-0,961)	0,27	0,75
<b>15 mm de disimetría</b>					
STL (ms)	792,162 $\pm$ 2,742	0,346	0,985 (0,975-0,992)	0,042	0,118
STR (ms)	806,757 $\pm$ 3,375	0,418	0,981 (0,967-0,990)	0,058	0,16
MPL (g/cm <sup>2</sup> )	785,369 $\pm$ 6,983	0,889	0,968 (0,944-0,982)	0,159	0,441
MPR (g/cm <sup>2</sup> )	728,414 $\pm$ 8,107	1,113	0,944 (0,903-0,969)	0,263	0,73
PPL (g/cm <sup>2</sup> )	1470,207 $\pm$ 10,147	0,69	0,945 (0,906-0,970)	0,162	0,449
PPR (g/cm <sup>2</sup> )	1262,550 $\pm$ 12,141	0,962	0,899 (0,826-0,945)	0,306	0,847
<b>20 mm de disimetría</b>					
STL (ms)	793,784 $\pm$ 3,783	0,477	0,976 (0,959-0,987)	0,074	0,205
STR (ms)	807,658 $\pm$ 4,904	0,607	0,986 (0,975-0,992)	0,072	0,199
MPL (g/cm <sup>2</sup> )	785,207 $\pm$ 4,703	0,599	0,964 (0,937-0,980)	0,114	0,315
MPR (g/cm <sup>2</sup> )	724,856 $\pm$ 8,859	1,222	0,889 (0,810-0,939)	0,407	1,129
PPL (g/cm <sup>2</sup> )	1457,306 $\pm$ 26,924	1,848	0,882 (0,798-0,935)	0,635	1,759
PPR (g/cm <sup>2</sup> )	1247,450 $\pm$ 3,442	0,276	0,878 (0,790-0,933)	0,096	0,265

Abreviaturas: SD, desviación estándar; CoV, coeficiente de variación; ICC, coeficiente de correlación intraclase; 95%CI, intervalo de confianza de 95%; SEM%, porcentaje de error estándar de medición; MDC%, porcentaje de mínimo cambio detectable; STL, tiempo de apoyo del pie izquierdo; STR, tiempo de apoyo del pie derecho; MPR, presión media en el pie derecho; MPL, presión media en el pie izquierdo; PPL, presión máxima en el pie izquierdo; PPR, presión máxima en el pie derecho.

#### **13.1.4 Análisis de la fiabilidad intersesión**

En la tabla 6, se detallan los resultados del análisis de fiabilidad intersesión para las variables medidas con la plataforma de presiones. Todas las variables analizadas muestran una buena fiabilidad con un coeficiente de correlación intraclass (ICC), superior en todos los casos a 0,90. Los coeficientes de variación (CoV) de las variables analizadas se sitúan en un rango comprendido entre el 0,5% y el 1,70% y un error estándar de medición (SEM) entre 0,05% y 0,49%. El porcentaje de mínimo cambio detectable (MDC) se sitúa entre un 0,14% y un 1,36% y el coeficiente de repetibilidad (RC) entre un 0,84% y el 19,22%. Se realizó una comparación de los resultados de todas las variables entre las dos sesiones con la prueba T-Student de muestras relacionadas. En todas ellas se obtuvieron valores de significación  $p > 0,05$ , que nos indica que no hay diferencias sistemáticas entre los resultados de la primera y la segunda sesión.

#### **13.1.5 Análisis gráfico de Bland-Altman**

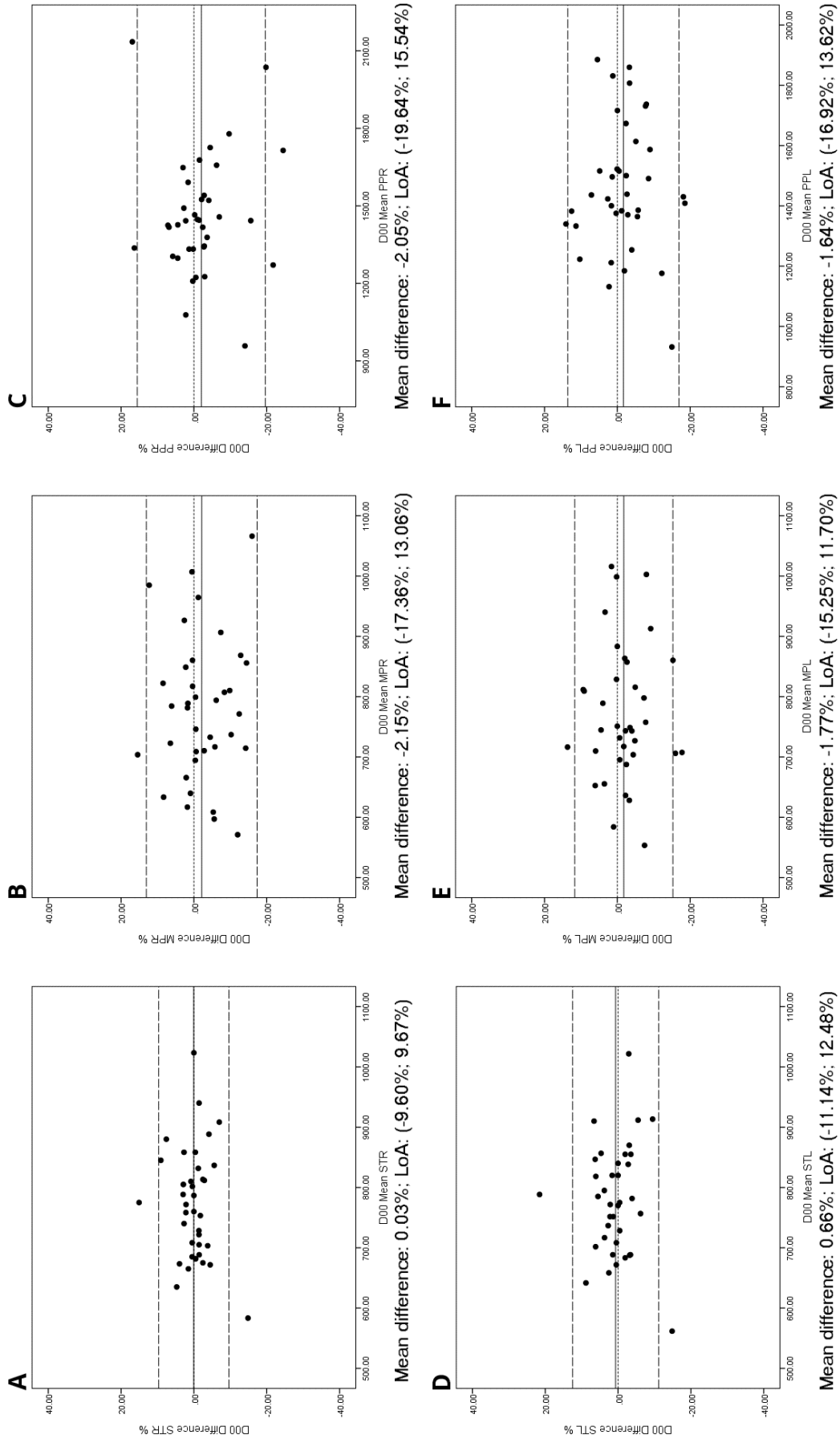
Se calcularon los límites de concordancia intersesión (LoA) y los gráficos Bland-Altman, detallados en las figuras 4-8. Las diferencias de medias entre sesiones se situaron en un rango comprendido entre el -2,15% y el 1,69%.

**Tabla 6.** Análisis de la fiabilidad intersesión de las variables estudiadas para cada pie bajo diferentes condiciones de disimetría simulada.

Variables	Mean $\pm$ SD	CoV (%)	ICC (95% CI)	SEM%	MDC%	RC%	<i>p</i>
<b>0 mm de disimetría</b>							
STL (ms)	777,730 $\pm$ 5,365	0,69	0,960 (0,936-0,977)	0,14	0,38	11,37	0,483
STR (ms)	772,162 $\pm$ 5,318	0,69	0,969 (0,951-0,982)	0,12	0,34	9,18	0,88
MPL (g/cm <sup>2</sup> )	769,901 $\pm$ 11,210	1,46	0,962 (0,940-0,978)	0,28	0,79	13,17	0,115
MPR (g/cm <sup>2</sup> )	777,932 $\pm$ 11,472	1,47	0,946 (0,914-0,969)	0,34	0,95	15,67	0,101
PPL (g/cm <sup>2</sup> )	1461,203 $\pm$ 16,645	1,14	0,954 (0,926-0,973)	0,24	0,68	14,12	0,177
PPR (g/cm <sup>2</sup> )	1461,036 $\pm$ 22,094	1,51	0,956 (0,930-0,975)	0,32	0,88	19,22	0,196
<b>5 mm de disimetría</b>							
STL (ms)	780,068 $\pm$ 11,486	1,47	0,923 (0,878-0,956)	0,41	1,13	16,46	0,758
STR (ms)	775,941 $\pm$ 11,347	1,46	0,936 (0,898-0,963)	0,37	1,03	13,36	0,207
MPL (g/cm <sup>2</sup> )	774,577 $\pm$ 5,537	0,71	0,974 (0,959-0,985)	0,12	0,32	9,00	0,566
MPR (g/cm <sup>2</sup> )	768,117 $\pm$ 11,903	1,55	0,953 (0,925-0,973)	0,34	0,93	13,66	0,172
PPL (g/cm <sup>2</sup> )	1481,595 $\pm$ 19,287	1,30	0,955 (0,928-0,974)	0,28	0,77	12,88	0,097
PPR (g/cm <sup>2</sup> )	1363,243 $\pm$ 12,762	0,94	0,967 (0,947-0,981)	0,17	0,47	10,11	0,751
<b>10 mm de disimetría</b>							
STL (ms)	788,378 $\pm$ 4,897	0,62	0,990 (0,984-0,994)	0,06	0,17	3,80	0,357
STR (ms)	789,054 $\pm$ 7,086	0,90	0,986 (0,978-0,992)	0,11	0,29	6,90	0,088
MPL (g/cm <sup>2</sup> )	778,770 $\pm$ 4,353	0,56	0,984 (0,974-0,991)	0,07	0,20	0,84	0,427
MPR (g/cm <sup>2</sup> )	737,311 $\pm$ 9,678	1,31	0,961 (0,938-0,978)	0,26	0,72	8,78	0,173
PPL (g/cm <sup>2</sup> )	1462,455 $\pm$ 17,696	1,21	0,957 (0,932-0,975)	0,25	0,70	12,48	0,426
PPR (g/cm <sup>2</sup> )	1275,865 $\pm$ 18,723	1,47	0,943 (0,909-0,967)	0,35	0,97	13,69	0,874
<b>15 mm de disimetría</b>							
STL (ms)	789,324 $\pm$ 6,093	0,77	0,990 (0,985-0,994)	0,08	0,21	6,63	0,204
STR (ms)	802,568 $\pm$ 6,811	0,85	0,987 (0,979-0,992)	0,10	0,27	8,66	0,159
MPL (g/cm <sup>2</sup> )	782,297 $\pm$ 5,775	0,74	0,984 (0,974-0,991)	0,09	0,26	6,91	0,184
MPR (g/cm <sup>2</sup> )	725,068 $\pm$ 7,155	0,99	0,964 (0,943-0,980)	0,19	0,52	11,48	0,344
PPL (g/cm <sup>2</sup> )	1461,068 $\pm$ 12,798	0,88	0,957 (0,932-0,976)	0,18	0,50	12,42	0,238
PPR (g/cm <sup>2</sup> )	1225,914 $\pm$ 18,399	1,50	0,909 (0,855-0,948)	0,45	1,25	16,40	0,382
<b>20 mm de disimetría</b>							
STL (ms)	791,036 $\pm$ 4,392	0,56	0,986 (0,978-0,992)	0,07	0,18	6,84	0,234
STR (ms)	807,793 $\pm$ 4,042	0,50	0,990 (0,984-0,994)	0,05	0,14	5,86	0,946
MPL (g/cm <sup>2</sup> )	783,838 $\pm$ 4,090	0,52	0,980 (0,969-0,989)	0,07	0,20	8,96	0,645
MPR (g/cm <sup>2</sup> )	724,225 $\pm$ 5,874	0,81	0,948 (0,917-0,970)	0,18	0,51	10,24	0,84
PPL (g/cm <sup>2</sup> )	1451,995 $\pm$ 23,364	1,61	0,951 (0,922-0,972)	0,36	0,99	12,00	0,472
PPR (g/cm <sup>2</sup> )	1239,901 $\pm$ 21,097	1,70	0,917 (0,868-0,952)	0,49	1,36	12,67	0,259

Abreviaturas: SD, desviación estándar; CoV, coeficiente de variación; ICC, coeficiente de correlación intraclase; 95%CI, intervalo de confianza de 95%; SEM%, porcentaje de error estándar de medición; MDC%, porcentaje de mínimo cambio detectable; RC%, porcentaje de coeficiente de repetibilidad; *p*, significancia prueba T-Student; STL, tiempo de apoyo del pie izquierdo; STR, tiempo de apoyo del pie derecho; MPR, presión media en el pie derecho; MPL, presión media en el pie izquierdo; PPL, presión máxima en el pie izquierdo; PPR, presión máxima en el pie derecho.

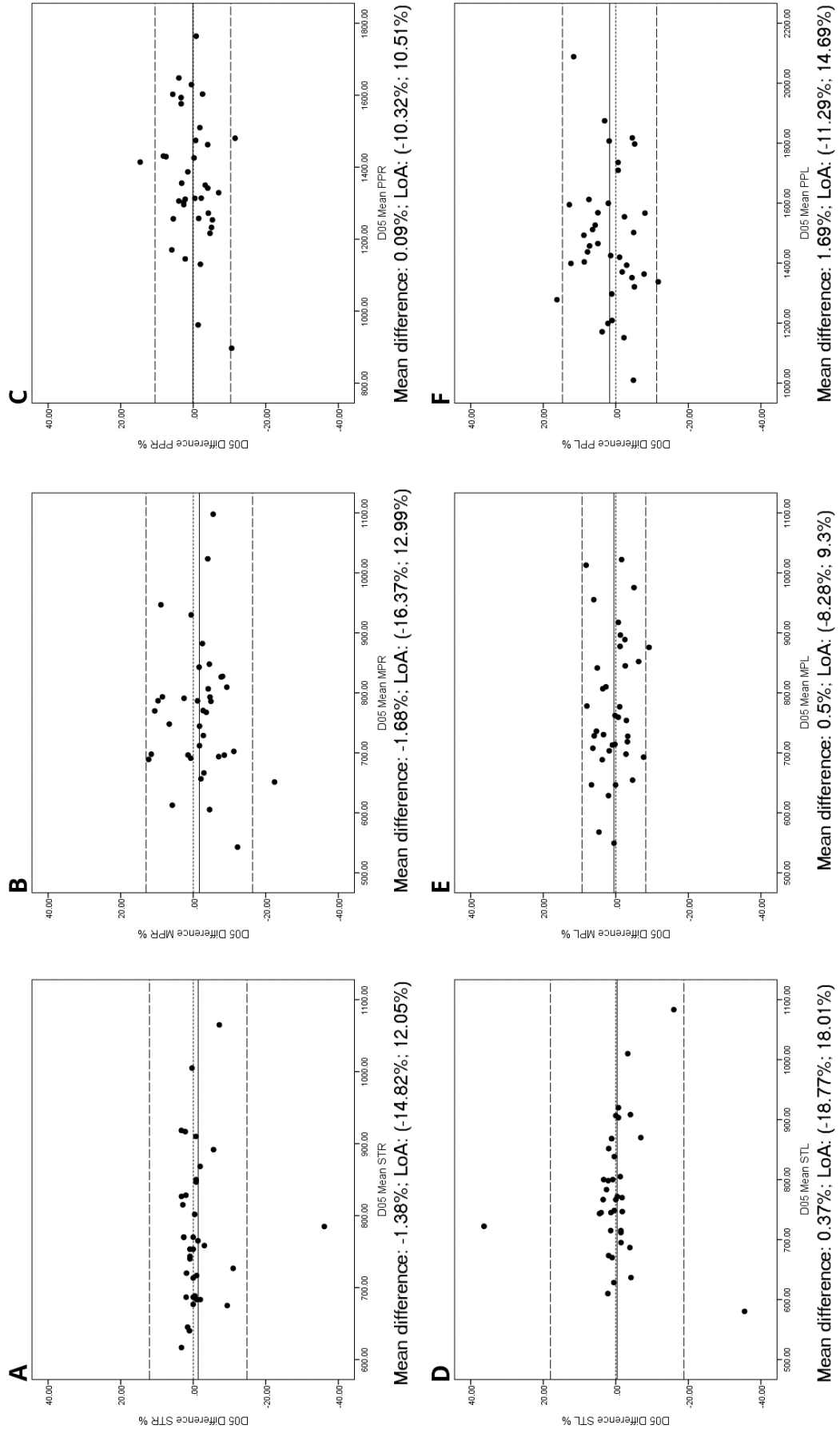
**Figura 4.** Gráficos de Bland-Altman para las variables dinámicas de cada pie sin disimetría (LLD). Diferencias entre sesiones trazadas contra la media. Tiempo de apoyo en pie derecho (A); Presión media en pie derecho (B); Presión máxima en pie derecho (C); Tiempo de apoyo en pie izquierdo (D); Presión media en pie izquierdo (E); Presión máxima en pie izquierdo (F).



Abreviaturas: D00, 0 mm de disimetría; STR, tiempo de apoyo del pie derecho; MPR, presión media en el pie derecho; PPR, presión máxima en el pie derecho; STL, tiempo de apoyo del pie izquierdo; MPL, presión media en el pie izquierdo; PPL, presión máxima en el pie izquierdo; LoA, límites de concordancia.

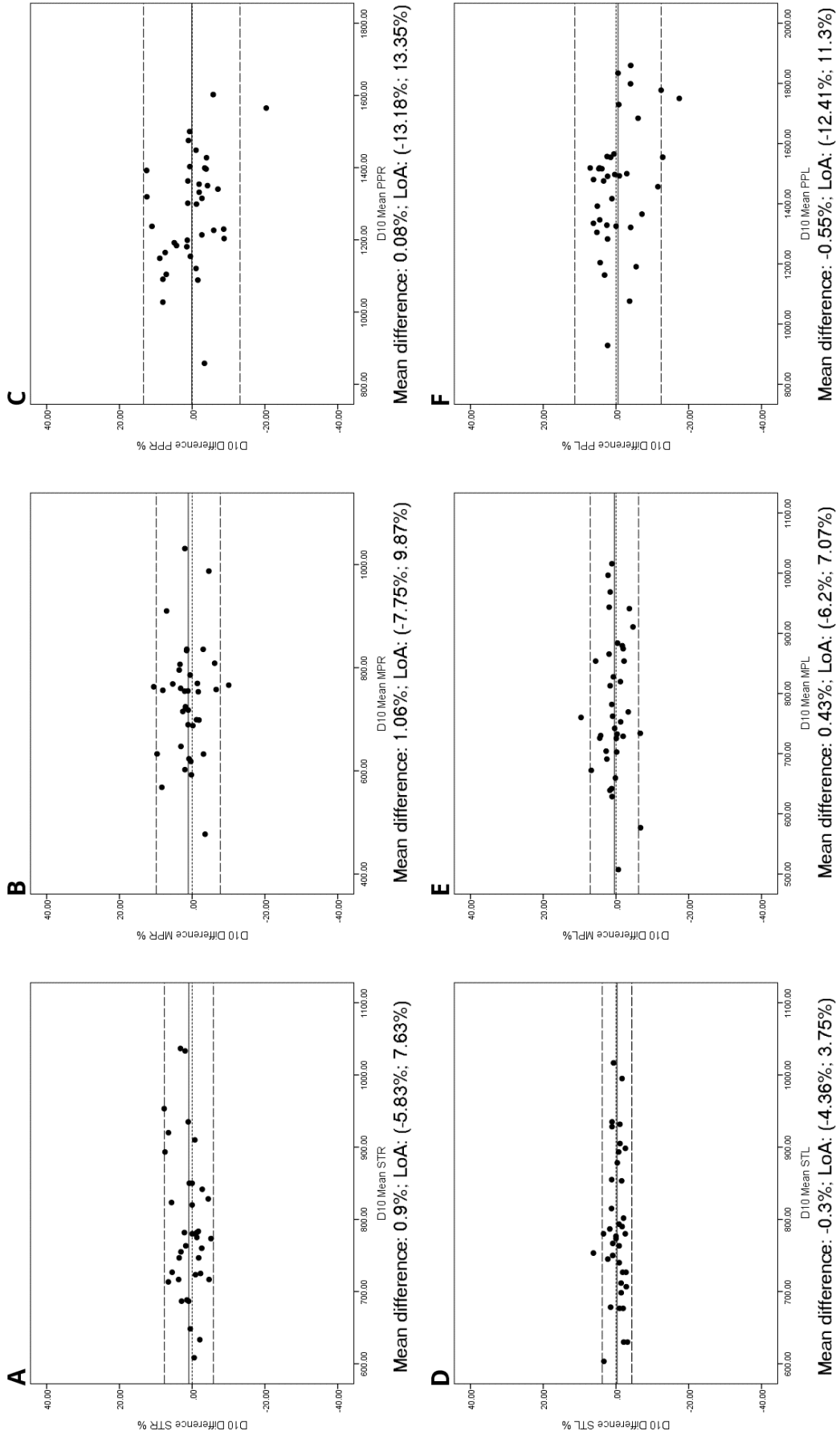


**Figura 5.** Gráficos de Bland-Altman para las variables dinámicas de cada pie con 5 mm de disimetría simulada (LLD). Diferencias entre sesiones trazadas contra la media. Tiempo de apoyo en pie derecho (A); Presión media en pie derecho (B); Presión máxima en pie derecho (C); Tiempo de apoyo en pie izquierdo (D); Presión media en pie izquierdo (E); Presión máxima en pie izquierdo (F).



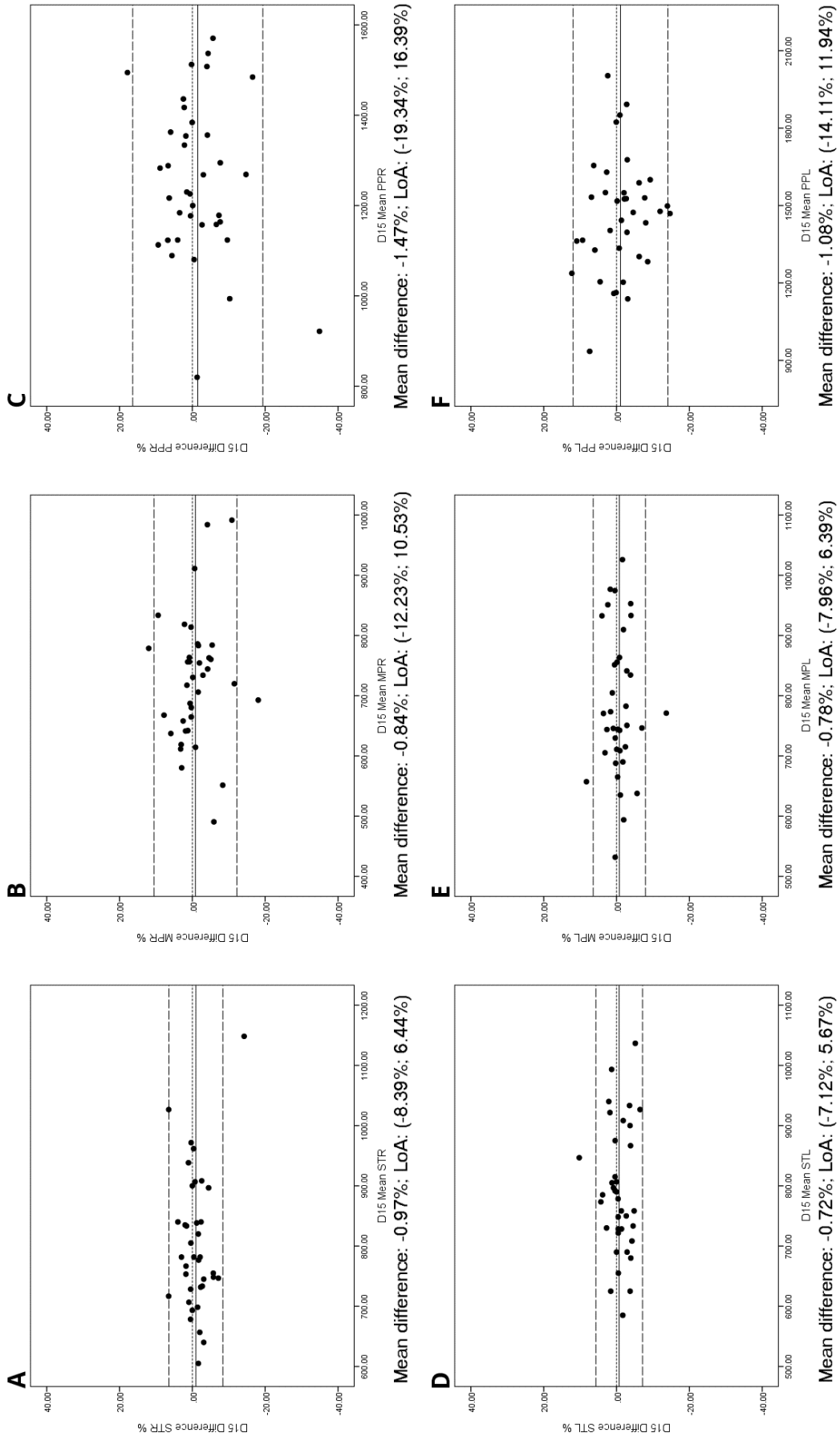
Abreviaturas: D05, 5 mm de disimetría; STR, tiempo de apoyo del pie derecho; MPR, presión media en el pie derecho; PPR, presión máxima en el pie derecho; STL, tiempo de apoyo del pie izquierdo; MPL, presión media en el pie izquierdo; PPL, presión máxima en el pie izquierdo; LoA, límites de concordancia.

**Figura 6.** Gráficos de Bland-Altman para las variables dinámicas de cada pie con 10 mm de disimetría simulada (LLD). Diferencias entre sesiones trazadas contra la media. Tiempo de apoyo en pie derecho (A); Presión media en pie derecho (B); Presión máxima en pie derecho (C); Tiempo de apoyo en pie izquierdo (D); Presión media en pie izquierdo (E); Presión máxima en pie izquierdo (F).



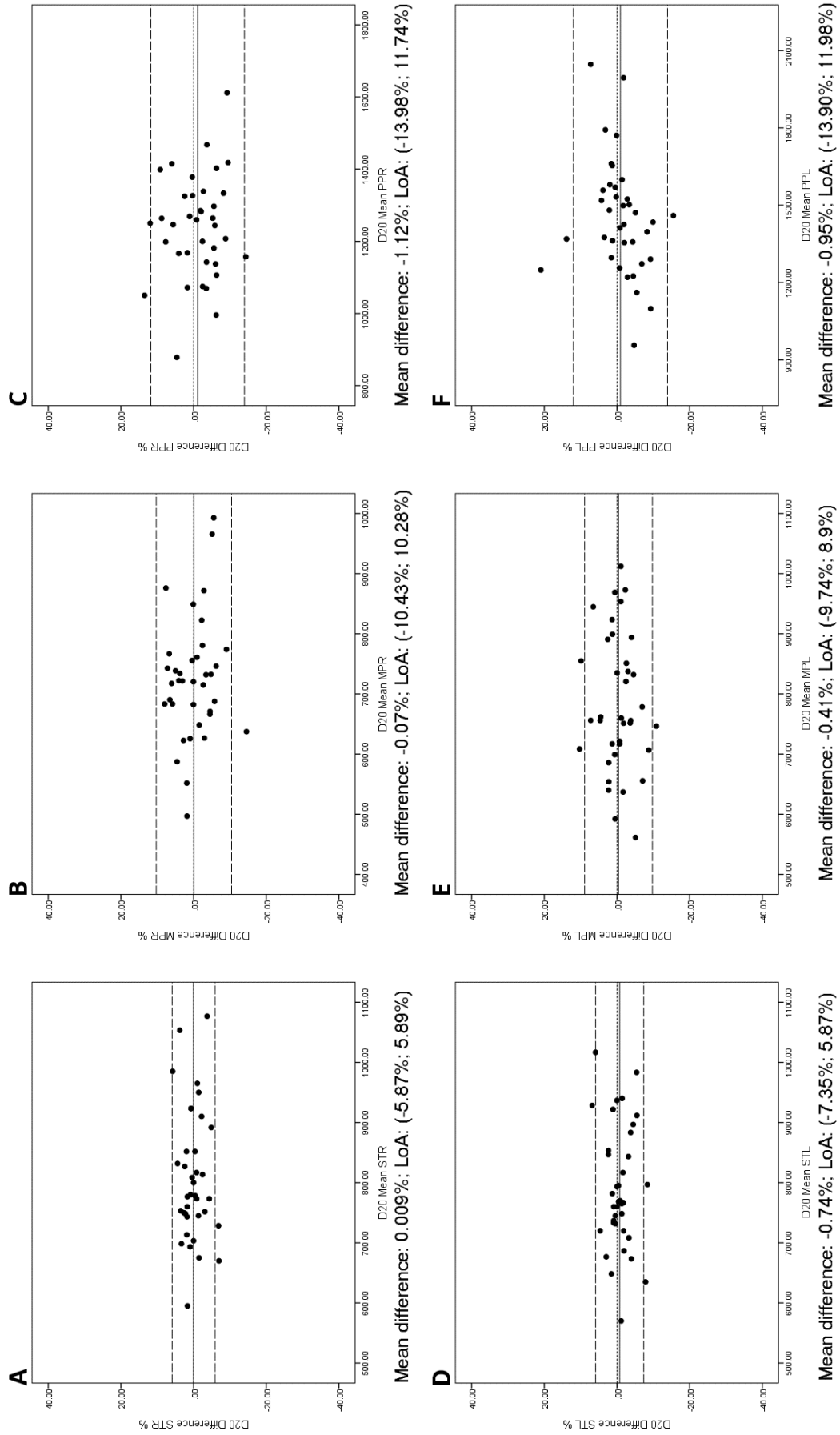
Abreviaturas: D10, 10 mm de disimetría; STR, tiempo de apoyo del pie derecho; MPR, presión media en el pie derecho; PPR, presión máxima en el pie derecho; STL, tiempo de apoyo del pie izquierdo; MPL, presión media en el pie izquierdo; PPL, presión máxima en el pie izquierdo; LoA, límites de concordancia.

**Figura 7.** Gráficos de Bland-Altman para las variables dinámicas de cada pie con 15 mm de disimetría simulada (LLD). Diferencias entre sesiones trazadas contra la media. Tiempo de apoyo en pie derecho (A); Presión media en pie derecho (B); Presión máxima en pie derecho (C); Tiempo de apoyo en pie izquierdo (D); Presión media en pie izquierdo (E); Presión máxima en pie izquierdo (F).



Abreviaturas: D15, 15 mm de disimetría; STR, tiempo de apoyo del pie derecho; MPR, presión media en el pie derecho; PPR, presión máxima en el pie derecho; STL, tiempo de apoyo del pie izquierdo; MPL, presión media en el pie izquierdo; PPL, presión máxima en el pie izquierdo; LoA, límites de concordancia.

**Figura 8.** Gráficos de Bland-Altman para las variables dinámicas de cada pie con 20 mm de disimetría simulada (LLD). Diferencias entre sesiones trazadas contra la media. Tiempo de apoyo en pie derecho (A); Presión media en pie derecho (B); Presión máxima en pie derecho (C); Tiempo de apoyo en pie izquierdo (D); Presión media en pie izquierdo (E); Presión máxima en pie izquierdo (F).



Abreviaturas: D20, 20 mm de disimetría; STR, tiempo de apoyo del pie derecho; MPR, presión media en el pie derecho; PPR, presión máxima en el pie derecho; STL, tiempo de apoyo del pie izquierdo; MPL, presión media en el pie izquierdo; PPL, presión máxima en el pie izquierdo; LoA, límites de concordancia.

## Estudio II

### 13.2.1 Datos demográficos y descriptivos

En el segundo estudio realizado, participaron 37 sujetos sanos, de los cuales 13 (35%) eran hombres y 24 (65%) eran mujeres.

En la tabla 7 se exponen los datos demográficos y antropométricos del total de los participantes y divididos por género y expresados con la media, la desviación estándar y el intervalo de confianza al 95%. Las variables edad, peso, altura, índice de masa corporal, y talla de calzado se compararon por género con la prueba t-Student de muestras independientes. No se hallaron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) en las variables edad e índice de masa corporal. Por el contrario, se observaron diferencias ( $p < 0,05$ ) en las variables peso, altura y talla de calzado. Estas diferencias son asumidas como normales, ya que pueden explicarse directamente por las diferencias antropométricas entre hombres y mujeres.

**Tabla 7.** Datos demográficos y antropométricos del total de participantes y por género.

Variable	Hombres n = 13	Mujeres n = 24	Total (n = 37)	p
	media $\pm$ DS (95% IC)	media $\pm$ DS (95% CI)	media $\pm$ DS (95% CI)	
Edad (años)	39,21 $\pm$ 11,52 (32,56-45,87)	38,91 $\pm$ 11,80 (33,81-44,02)	39,03 $\pm$ 11,54 (35,18-42,87)	0,649
Peso (kg)	73,50 $\pm$ 8,23 (68,74-78,25)	61,08 $\pm$ 10,13 (56,70-65,47)	65,78 $\pm$ 11,16 (62,06-69,50)	0,001
Altura (cm)	1,75 $\pm$ 0,09 (1,69-1,80)	1,64 $\pm$ 0,08 (1,61-1,68)	1,68 $\pm$ 0,10 (1,65-1,72)	0,003
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	23,99 $\pm$ 2,75 (22,40-25,58)	22,40 $\pm$ 2,83 (21,17-23,63)	23 $\pm$ 2,87 (22,04-23,96)	0,201
Talla de calzado (NE)	42,03 $\pm$ 2,07 (40,83-43,23)	37,86 $\pm$ 1,20 (37,34-38,39)	39,44 $\pm$ 2,57 (38,58-40,30)	<0,001

Abreviaturas: IMC, índice de masa corporal; DS, desviación estándar; 95% CI, intervalo de confianza de 95%; NE, numeración europea.

### **13.2.2 Análisis de la fiabilidad intrasesión**

Las mediciones fueron reproducibles para los sujetos de estudio tanto en la repetición de las pruebas en la misma sesión como en las mediciones realizadas en una segunda sesión siete días más tarde. En la primera sesión se obtuvo un rango en el coeficiente de variación (CoV) de 0,13% a 2,13%, valores de coeficiente de correlación intraclase (ICC) comprendidos entre el 0,760 y el 0,980, un error estándar de medición (SEM%) entre 0,03% y 0,70% y un mínimo cambio detectable (MDC%) situado entre el 0,07% y el 1,93%.

En la segunda sesión se obtuvieron coeficientes de variación (CoV) comprendidos entre el 0,12% y el 1,64%, valores de coeficiente de correlación intraclase (ICC) con un rango entre el 0,771 y el 0,980, un error estándar de medición (SEM%) situado entre 0,03% y 0,78% y un mínimo cambio detectable (MDC%) entre el 0,08% y el 1,91%.

### **13.2.3 Análisis de la fiabilidad intersesión**

En la tabla 8, se detallan los resultados del análisis de fiabilidad intersesión para las variables medidas con la plataforma de presiones. Los coeficientes de variación (CoV) de las variables analizadas se sitúan en un rango comprendido entre el 0,39% y el 1,65%. Todas presentan una buena fiabilidad, con un coeficiente de correlación intraclase (ICC), con valores situados entre 0,866 y 0,988 y un error estándar de medición (SEM) entre 0,06% y 0,58%. El porcentaje de mínimo cambio detectable (MDC) se sitúa entre un 0,18% y un 1,61%.

**Tabla 8.** Análisis de la fiabilidad intersesión de las variables estudiadas para cada pie bajo diferentes condiciones de disimetría simulada.

Variable	Media (SD)	CoV (%)	ICC (95% CI)	SEM%	MDC%
<b>0 mm de disimetría</b>					
STL (ms)	761,42 (7,19)	0,94	0,957 (0,932-0,976)	0,20	0,53
STR (ms)	754,05 (2,96)	0,39	0,960 (0,936-0,977)	0,08	0,37
MPL (g/cm <sup>2</sup> )	748,74 (5,12)	0,68	0,955 (0,927-0,974)	0,15	0,47
MPR (g/cm <sup>2</sup> )	750,95 (12,37)	1,65	0,931 (0,889-0,960)	0,43	0,87
PPL (g/cm <sup>2</sup> )	1427,82 (16,46)	1,15	0,928 (0,886-0,959)	0,31	0,57
PPR (g/cm <sup>2</sup> )	1417,26 (13,03)	0,92	0,918 (0,869-0,953)	0,26	0,51
<b>5 mm de disimetría</b>					
STL (ms)	762,16 (5,77)	0,76	0,981 (0,969-0,989)	0,10	0,40
STR (ms)	759,73 (5,03)	0,66	0,980 (0,968-0,988)	0,09	0,39
MPL (g/cm <sup>2</sup> )	746,61 (5,44)	0,73	0,955 (0,928-0,974)	0,15	0,48
MPR (g/cm <sup>2</sup> )	747,13 (11,88)	1,59	0,866 (0,785-0,923)	0,58	1,09
PPL (g/cm <sup>2</sup> )	1443,52 (14,39)	1,00	0,925 (0,879-0,957)	0,27	0,52
PPR (g/cm <sup>2</sup> )	1338,84 (9,45)	0,71	0,927 (0,883-0,958)	0,19	0,42
<b>10 mm de disimetría</b>					
STL (ms)	763,82 (14,15)	0,54	0,986 (0,977-0,992)	0,06	0,35
STR (ms)	765,09 (4,23)	0,55	0,984 (0,974-0,991)	0,07	0,36
MPL (g/cm <sup>2</sup> )	756,19 (7,65)	1,01	0,970 (0,952-0,983)	0,18	0,51
MPR (g/cm <sup>2</sup> )	723,24 (11,83)	1,64	0,918 (0,869-0,953)	0,47	0,93
PPL (g/cm <sup>2</sup> )	1435,58 (11,95)	0,83	0,924 (0,878-0,956)	0,23	0,46
PPR (g/cm <sup>2</sup> )	1274,77 (15,55)	1,22	0,898 (0,837-0,941)	0,39	0,70
<b>15 mm de disimetría</b>					
STL (ms)	760,54 (4,39)	0,58	0,988 (0,981-0,993)	0,06	0,35
STR (ms)	775,58 (4,19)	0,54	0,986 (0,977-0,992)	0,06	0,34
MPL (g/cm <sup>2</sup> )	760,41 (5,54)	0,73	0,972 (0,955-0,984)	0,12	0,43
MPR (g/cm <sup>2</sup> )	711,58 (5,25)	0,74	0,929 (0,886-0,959)	0,20	0,55
PPL (g/cm <sup>2</sup> )	1423,44 (17,28)	1,21	0,928 (0,884-0,958)	0,33	0,60
PPR (g/cm <sup>2</sup> )	1265,21 (17,58)	1,39	0,935 (0,895-0,962)	0,35	0,66
<b>20 mm de disimetría</b>					
STL (ms)	766,98 (5,22)	0,68	0,983 (0,976-0,990)	0,09	0,38
STR (ms)	783,51 (4,31)	0,55	0,984 (0,974-0,991)	0,07	0,35
MPL (g/cm <sup>2</sup> )	758 (3,51)	0,46	0,962 (0,940-0,978)	0,09	0,39
MPR (g/cm <sup>2</sup> )	706,71 (5,47)	0,77	0,890 (0,824-0,937)	0,26	0,64
PPL (g/cm <sup>2</sup> )	1409,33 (21,37)	1,52	0,906 (0,850-0,946)	0,46	0,80
PPR (g/cm <sup>2</sup> )	1245,60 (16,16)	1,30	0,900 (0,841-0,943)	0,41	0,74

Abreviaturas: SD, desviación estándar; CoV, coeficiente de variación; ICC, coeficiente de correlación intraclase; 95%CI, intervalo de confianza de 95%; SEM%, porcentaje de error estándar de medición; MDC%, porcentaje de mínimo cambio detectable; STL, tiempo de apoyo del pie izquierdo; STR, tiempo de apoyo del pie derecho; MPR, presión media en el pie derecho; MPL, presión media en el pie izquierdo; PPL, presión máxima en el pie izquierdo; PPR, presión máxima en el pie derecho.

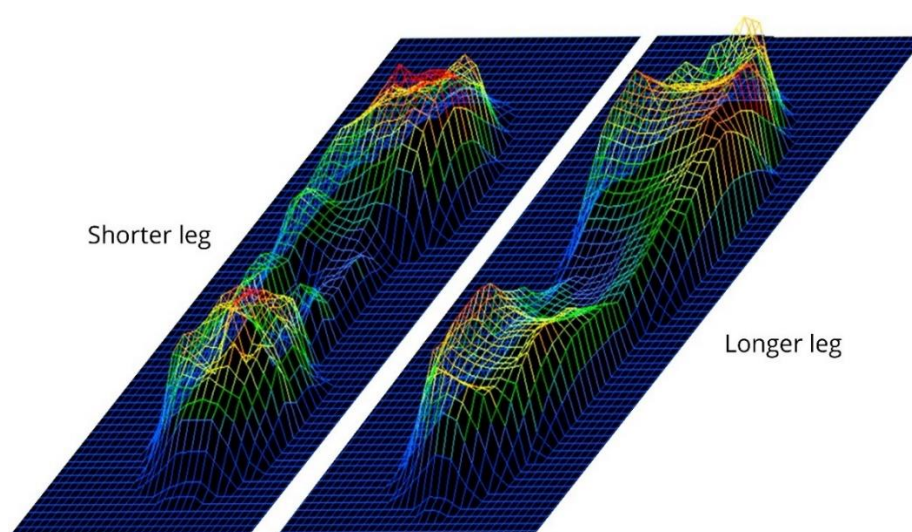
### 13.2.4 Análisis de la varianza ANOVA de medidas repetidas

Los resultados del análisis ANOVA de medidas repetidas mostró cambios estadísticamente significativos en cinco de las seis variables estudiadas en las diferentes condiciones de disimetría simulada (tabla 9). En las tablas 10 y 11 se muestra la comparativa por pares basada en las medias marginales estimadas entre los diferentes niveles de disimetría simulada para cada variable.

**Tabla 9.** Análisis de varianza de medidas repetidas (RM-ANOVA), incluyendo la prueba de asunción de esfericidad de Mauchly, y el análisis de tamaño del efecto.

Variable	MT ( $p$ )	SS	DF	MS	F	$p$	$\eta^2_p$
STS <sup>a</sup>	<0,001	682,97	2,18	313,00	0,30	0,758	0,008
STL <sup>a</sup>	<0,001	21043,48	2,09	10025,73	11,90	<0,001**	0,249
MPS	0,165*	5330,90	4	1332,72	3,92	0,005**	0,098
MPL <sup>a</sup>	<0,001	70469,07	2,63	26732,11	15,31	<0,001**	0,299
PPS <sup>a</sup>	0,003	35130,29	2,79	12554,20	3,16	0,031**	0,081
PPL <sup>a</sup>	<0,001	754051,37	2,15	350219,50	32,54	<0,001**	0,475

Abreviaturas: MT( $p$ ), test de probabilidad de Mauchly; SS, suma de cuadrados; DF, grados de libertad; MS, media cuadrática; F, ratio de varianza;  $p$ , probabilidad;  $\eta^2_p$ , eta cuadrado parcial; STS, tiempo de apoyo pierna corta; STL, tiempo de apoyo pierna larga; MPS, presión media pierna corta; MPL, presión media pierna larga; PPS, presión máxima pierna corta; PPL, presión máxima pierna larga; a, con ajuste Greenhouse-Geisser; \*, asunción de esfericidad; \*\*, alcanza el nivel de significancia.



**Figura 9.** Ejemplo de curvas de presión plantar durante la marcha de un sujeto con disimetría simulada de 20 mm. Fuente propia.



Tabla 10. Comparativa por pares basada en medias marginales estimadas en la pierna corta.

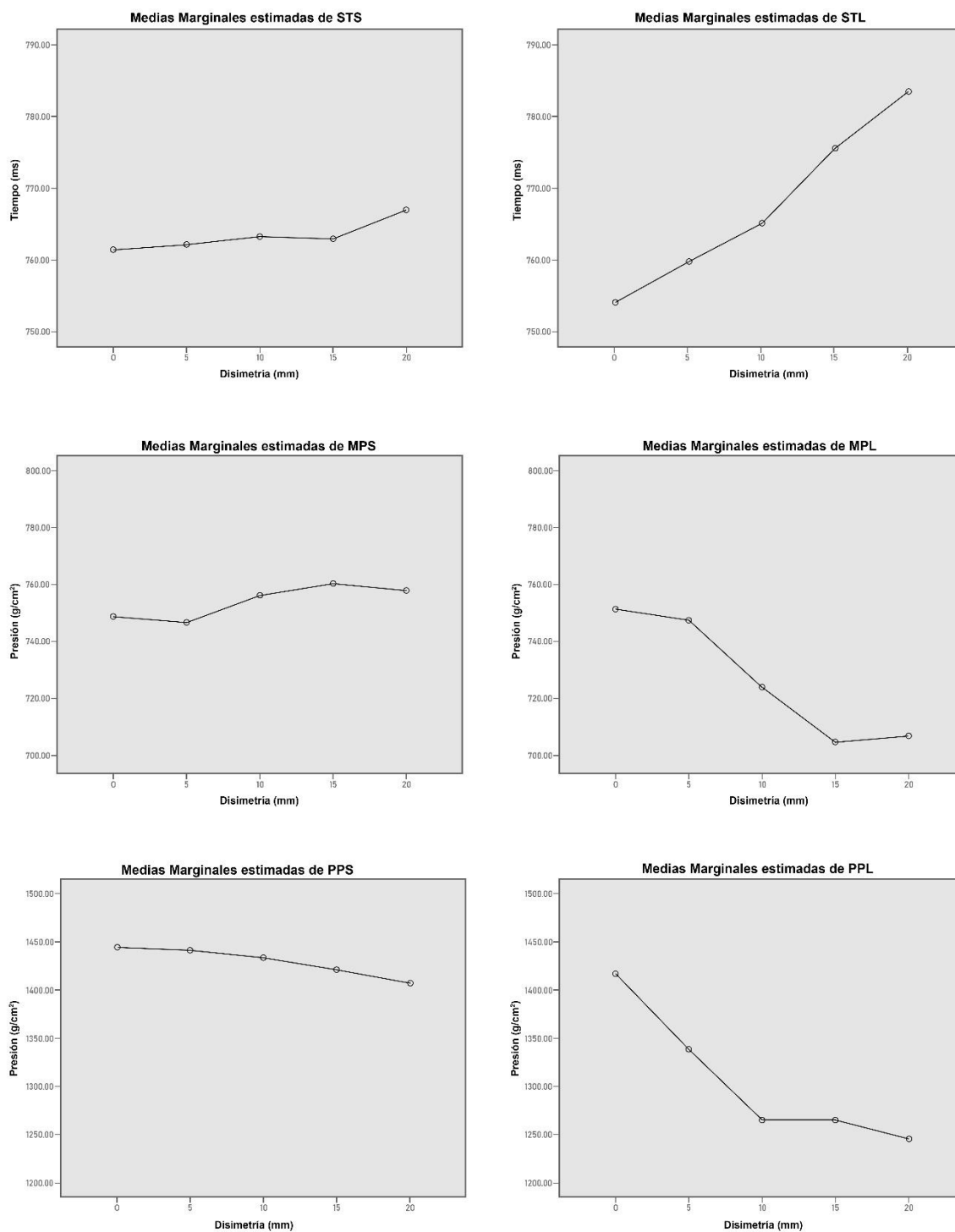
LLD (mm)		STS		MPS		PPS	
		MD (SE)	p <sup>a</sup>	MD (SE)	p <sup>a</sup>	MD (SE)	p <sup>a</sup>
<b>0</b>	5	-0,73 (5,08)	1	2,13 (3,87)	1	-14,80 (10,12)	1
	10	-2,40 (7,28)	1	-7,63 (4,89)	1	-6,86 (10,84)	1
	15	0,88 (6,97)	1	-11,66 (4,57)	0,15	3,47 (13,35)	1
	20	-5,28 (7,49)	1	-9,25 (4,87)	0,66	16,68 (15,49)	1
<b>5</b>	0	0,73 (5,08)	1	-2,13 (3,87)	1	14,80 (10,12)	1
	10	-1,66 (3,89)	1	-9,76 (4,50)	0,37	7,94 (10,64)	1
	15	1,62 (4,30)	1	-13,79 (4,33)	<b>0,03*</b>	18,27 (14,04)	1
	20	-4,55 (4,91)	1	-11,38 (4,77)	0,23	31,48 (13,89)	0,3
<b>10</b>	0	2,40 (7,28)	1	7,63 (4,89)	1	6,86 (10,84)	1
	5	1,66 (3,89)	1	9,76 (4,50)	0,37	-7,94 (10,64)	1
	15	3,28 (3,63)	1	-4,03 (3,75)	1	10,33 (10,15)	1
	20	-2,88 (3,70)	1	-1,62 (3,71)	1	23,54 (11,04)	0,4
<b>15</b>	0	-0,88 (6,97)	1	11,66 (4,57)	0,15	-3,47 (13,35)	1
	5	-1,62 (4,30)	1	13,79 (4,33)	<b>0,03*</b>	-18,27 (14,04)	1
	10	-3,28 (3,63)	1	4,03 (3,75)	1	-10,33 (10,15)	1
	20	-6,17 (3,21)	0,63	2,41 (3,41)	1	13,20 (13,20)	1
<b>20</b>	0	5,28 (7,49)	1	9,25 (4,87)	0,66	-16,68 (15,49)	1
	5	4,55 (4,91)	1	11,38 (4,77)	0,23	-31,48 (13,89)	0,296
	10	2,88 (3,70)	1	1,62 (3,71)	1	-23,54 (11,04)	0,4
	15	6,17 (3,21)	0,63	-2,41 (3,41)	1	-13,20 (9,66)	1

Abreviaturas: STS, tiempo de apoyo pierna corta; MPS, presión media pierna corta; PPS, presión máxima pierna corta; LLD, disimetría; MD, diferencia de medias; SE, error estándar; p, probabilidad; a, ajuste de Bonferroni para comparaciones múltiples; \*, alcanza el nivel de significancia.

Tabla 11. Comparativa por pares basada en medias marginales estimadas en la pierna larga.

LLD (mm)		STL		MPL		PPL	
		MD (SE)	$p^a$	MD (SE)	$p^a$	MD (SE)	$p^a$
<b>0</b>	5	-5,67 (4,40)	1,000	3,824 (8,10)	1	78,41 (12,38)	<0,0001*
	10	-11,03 (6,48)	0,973	27,71 (9,48)	0,06	142,49 (18,32)	<0,0001*
	15	-21,53 (6,78)	<b>0,031*</b>	39,37 (10,12)	<b>0,004*</b>	152,05 (21,64)	<0,0001*
	20	-29,45 (6,68)	<b>0,001*</b>	44,24 (10,16)	<b>0,001*</b>	171,65 (23,79)	<0,0001*
<b>5</b>	0	5,67 (4,40)	1,000	-3,82 (8,10)	1	-78,41 (12,38)	<0,0001*
	10	-5,36 (3,65)	1,000	23,89 (6,95)	<b>0,015*</b>	64,07 (14,81)	<b>0,001*</b>
	15	-15,85 (4,16)	<b>0,005*</b>	35,55 (6,89)	< <b>0,0001*</b>	73,63 (20,84)	<b>0,011*</b>
	20	-23,78 (4,26)	<b>0,0001*</b>	40,42 (7,86)	< <b>0,0001*</b>	93,24 (21,03)	<b>0,001*</b>
<b>10</b>	0	11,03 (6,48)	0,973	-27,71 (9,48)	0,06	-142,49 (18,32)	<0,0001*
	5	5,36 (3,65)	1,000	-23,89 (6,95)	<b>0,015*</b>	-64,07 (14,81)	<b>0,001*</b>
	15	-10,49 (3,78)	0,087	11,66 (5,77)	0,511	9,55 (12,77)	1
	20	-18,42 (3,96)	<b>0,0001*</b>	16,53 (5,92)	0,083	29,16 (12,56)	0,261
<b>15</b>	0	21,53 (6,78)	<b>0,031*</b>	-39,37 (10,12)	<b>0,004*</b>	-152,05 (21,64)	<0,0001*
	5	15,85 (4,16)	<b>0,005*</b>	-35,55 (6,89)	< <b>0,0001*</b>	-73,63 (20,84)	<b>0,011*</b>
	10	10,49 (3,78)	0,087	-11,66 (5,77)	0,511	-9,55 (12,77)	1
	20	-7,92 (2,76)	0,069	4,86 (6,46)	1	19,60(12,94)	1
<b>20</b>	0	29,45 (6,68)	<b>0,001*</b>	-44,24 (10,16)	<b>0,001*</b>	-171,65(23,79)	<0,0001*
	5	23,78 (4,26)	<b>0,0001*</b>	-40,42 (7,86)	< <b>0,0001*</b>	-93,24 (21,03)	<b>0,001*</b>
	10	18,42 (3,96)	<b>0,0001*</b>	-16,53 (5,92)	0,083	-29,16 (12,56)	0,261
	15	7,92 (2,76)	0,069	-4,86 (6,46)	1	-19,60 (12,94)	1

Abreviaturas: STL, tiempo de apoyo pierna larga; MPL, presión media pierna larga; PPL, presión máxima pierna larga; LLD, disimetría; MD, diferencia de medias; SE, error estándar; p, probabilidad; a, ajuste de Bonferroni para comparaciones múltiples; \*, alcanza el nivel de significancia.



Abreviaturas: STS, tiempo de apoyo pierna corta; STL, tiempo de apoyo pierna larga; MPS, presión media pierna corta; MPL, presión media pierna larga; PPS, presión máxima pierna corta; PPL, presión máxima pierna larga.

**Figura 10.** Medias marginales estimadas del tiempo de apoyo, la presión media y la presión máxima.

### 13.3 Estudio III

#### 13.3.1 Datos demográficos y descriptivos

En el estudio III, participaron un total de 90 sujetos, 31 mujeres y 59 hombres, con edades comprendidas entre los 19 y 65 años. El grupo de casos se compuso de 45 pacientes con asma bronquial (n=45) de los cuales 15 pertenecían al sexo femenino y 30 al masculino. El grupo de control se formó con 45 voluntarios sanos (n=45), de los cuales en 16 eran mujeres y 29 eran hombres. La tabla 11 muestra los datos sociodemográficos y descriptivos del total de los participantes y por grupos de casos y controles. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de casos y controles con relación a los datos sociodemográficos y descriptivos cuantitativos (tabla 12).

**Tabla 12.** Datos sociodemográficos y descriptivos del total de la muestra y por grupos.

Variable	Grupo total (n=90) media ± SD (rango)	Casos (n = 45) media ± SD (rango)	Controles (n=45) media ± SD (rango)	p
Edad (años)	39,98 ± 11,91 (19 - 65)	37,55 ± 11,44 (20 - 65)	42,42 ± 11,96 (19 - 65)	0,052*
Peso (kg)	70,31 ± 14,20 (47 - 120)	70,72 ± 15,20 (48 - 120)	69,91 ± 13,18 (47-96)	0,791*
Altura (m)	1,65 ± 0,08 (1,50 - 1,85)	1,67 ± 0,09 (1,53 - 1,85)	1,64 ± 0,08 (1,50 - 1,84)	0,117†
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	25,48 ± 4,52 (17,30 - 39,18)	25,07 ± 4,54 (18,41 - 39,18)	25,90 ± 4,52 (17,30 - 34,72)	0,327†
Sexo (masculino/femenino)	31/59	15/30	16/29	1,00‡

Abreviaturas: IMC, índice de masa corporal; SD, desviación estándar; \*, resultado de la aplicación de la prueba t-Student para muestras independientes; †, resultado de la aplicación de la prueba U de Mann-Whitney; ‡, resultado de la aplicación de la prueba exacta de Fisher; p, valor de significancia considerándose estadísticamente significativo para valores p<0.05 con un intervalo de confianza del 95%.

**Tabla 13.** Resultado de las mediciones para los pacientes diagnosticados con asma bronquial, los sujetos sanos del grupo de control y el total de la muestra.

Variables	Grupo total (n=90) media $\pm$ SD (rango)	Casos (n = 45) media $\pm$ SD (rango)	Controles (n=45) media $\pm$ SD (rango)	p
Superficie total (cm <sup>2</sup> )	260,17 $\pm$ 45,14 (159,00 – 382,00)	260,97 $\pm$ 44,18 (159,00 – 359,00)	259,37 $\pm$ 46,56 (163,00 – 382,00)	0,868*
Superficie antepié izquierdo (cm <sup>2</sup> )	68,17 $\pm$ 12,31 (37 - 94)	68,40 $\pm$ 12,61 (45 - 94)	67,95 $\pm$ 12,13 (37 - 89)	0,865*
Superficie retropié izquierdo (cm <sup>2</sup> )	62,25 $\pm$ 13,70 (34,00 – 102,00)	61,42 $\pm$ 14,55 (34,00 – 102,00)	63,08 $\pm$ 12,89 (38,00 – 102,00)	0,567*
Superficie antepié derecho (cm <sup>2</sup> )	67,02 $\pm$ 13,38 (40,00 – 99,00)	68,68 $\pm$ 13,36 (46,00 – 99,00)	65,35 $\pm$ 14,27 (40,00 – 93,00)	0,240*
Superficie retropié derecho (cm <sup>2</sup> )	63,27 $\pm$ 13,38 (31,00 – 97,00)	62,31 $\pm$ 13,98 (32,00 – 92,00)	64,22 $\pm$ 14,76 (31,00 – 97,00)	0,525*
Carga pierna izquierda (%)	51,15 $\pm$ 2,73 (45,00 – 58,00)	54,64 $\pm$ 2,85 (45,00 – 58,00)	51,66 $\pm$ 2,54 (46,00 – 57,00)	0,066†
Carga pierna derecha (%)	48,95 $\pm$ 2,86 (42,00 – 57,00)	49,35 $\pm$ 2,85 (42,00 – 55,00)	48,55 $\pm$ 2,84 (43,00 – 57,00)	0,119†
Carga antepié izquierdo (%)	25,40 $\pm$ 5,67 (17,00 – 60,00)	26,22 $\pm$ 7,05 (19,00 – 60,00)	24,57 $\pm$ 3,67 (17,00 – 32,00)	0,501†
Carga retropié izquierdo (%)	26,47 $\pm$ 3,17 (18,00 – 35,00)	25,75 $\pm$ 3,14 (18,00 – 33,00)	27,20 $\pm$ 3,05 (20,00 – 35,00)	<b>0,031†</b>
Carga antepié derecho (%)	23,47 $\pm$ 3,26 (15,00 – 32,00)	24,11 $\pm$ 2,97 (17,00 – 30,00)	22,84 $\pm$ 3,44 (15,00 – 32,00)	0,080†
Carga retropié derecho (%)	25,58 $\pm$ 3,86 (18,00 – 45,00)	25,33 $\pm$ 2,85 (20,00 – 31,00)	22,84 $\pm$ 4,69 (18,00 – 45,00)	0,862†
Presión máxima media (g/cm <sup>2</sup> )	277,75 $\pm$ 35,85 (151,00 - 366,00)	274,55 $\pm$ 29,65 (218,00 – 354,00)	280,95 $\pm$ 41,23 (215,00 – 366,00)	0,400*
Presión máxima antepié izquierdo (g/cm <sup>2</sup> )	537,92 $\pm$ 83,35 (145,00 – 895,00)	533,28 $\pm$ 74,00 (378,00 – 684,00)	542,55 $\pm$ 92,37 (297,00 – 877,00)	0,601*
Presión máxima retropié izquierdo (g/cm <sup>2</sup> )	666,45 $\pm$ 12,07 (400,00 – 983,00)	655,97 $\pm$ 100,01 (424,00 – 872,00)	676,93 $\pm$ 127,77 (400,00 – 983,00)	0,389*
Presión máxima antepié derecho (g/cm <sup>2</sup> )	498,28 $\pm$ 94,64 (246,00 – 732,00)	478,06 $\pm$ 101,89 (246,00 – 712,00)	518,51 $\pm$ 83,06 (395,00 – 732,00)	<b>0,042*</b>
Presión máxima retropié derecho (g/cm <sup>2</sup> )	621,62 $\pm$ 123,52 (145,00- 895,00)	637,33 $\pm$ 108,55 (418,00 – 865,00)	605,91 $\pm$ 136,29 (145,00 – 895,00)	0,230*

Abreviaturas: SD, desviación estándar; \*, resultado de la aplicación de la prueba t-Student para muestras independientes; †, resultado de la aplicación de la prueba U de Mann-Whitney; p, valor de significancia considerándose estadísticamente significativo para valores p<0.05 con un intervalo de confianza del 95%.

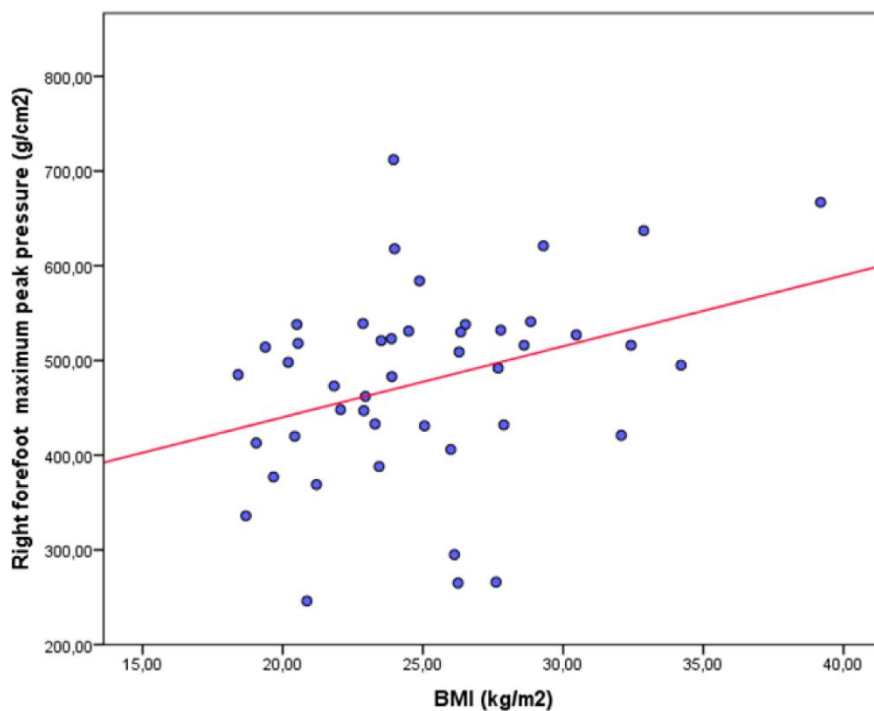
### 13.3.2 Resultados primarios

Cuando se analizaron los parámetros plantares estáticos (tabla 13), se detectó que el porcentaje de carga en el retropié izquierdo fue menor en los pacientes con asma bronquial que en los sujetos sanos del grupo de control. También se observó una disminución estadísticamente significativa en la presión máxima del antepié derecho en el grupo de casos. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de casos y controles para el resto de los parámetros analizados.

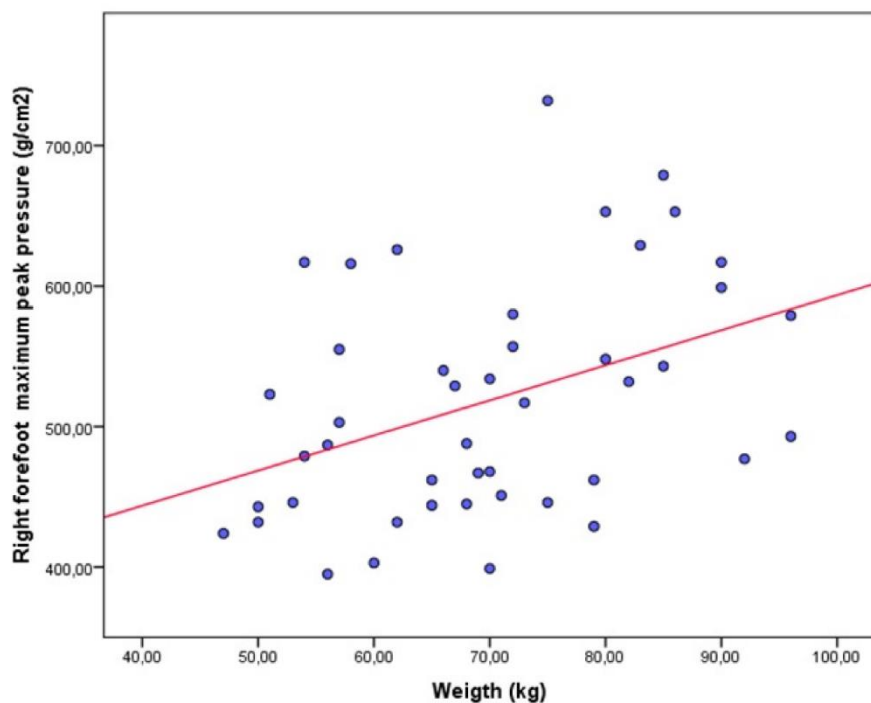
**Tabla 14.** Análisis de correlación bivariado entre pacientes diagnosticados con asma bronquial y los sujetos sanos del grupo de control.

Variables	Carga retropié izquierdo (%)		Presión máxima antepié derecho (g/cm <sup>2</sup> )	
	Casos	Controles	Casos	Controles
Edad (años)	$r_s = 0,090$	$r_s = -0,400$	$r = 0,186$	$r = 0,035$
	$p = 0,558$	<b><math>p = 0,006</math></b>	$p = 0,220$	$p = 0,820$
Peso (kg)	$r_s = 0,097$	$r_s = 0,024$	$r = 0,048$	$r = 0,399$
	$p = 0,558$	$p = 0,876$	$p = 0,753$	<b><math>p = 0,007</math></b>
Altura (m)	$r_s = 0,20$	$r_s = 0,126$	$r_s = -0,168$	$r_s = 0,130$
	$p = 0,176$	$p = 0,409$	$p = 0,270$	$p = 0,393$
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	$r_s = -0,015$	$r_s = -0,076$	$r_s = 0,35$	$r_s = 0,417$
	$p = 0,921$	$p = 0,622$	<b><math>p = 0,017</math></b>	<b><math>p = 0,004</math></b>

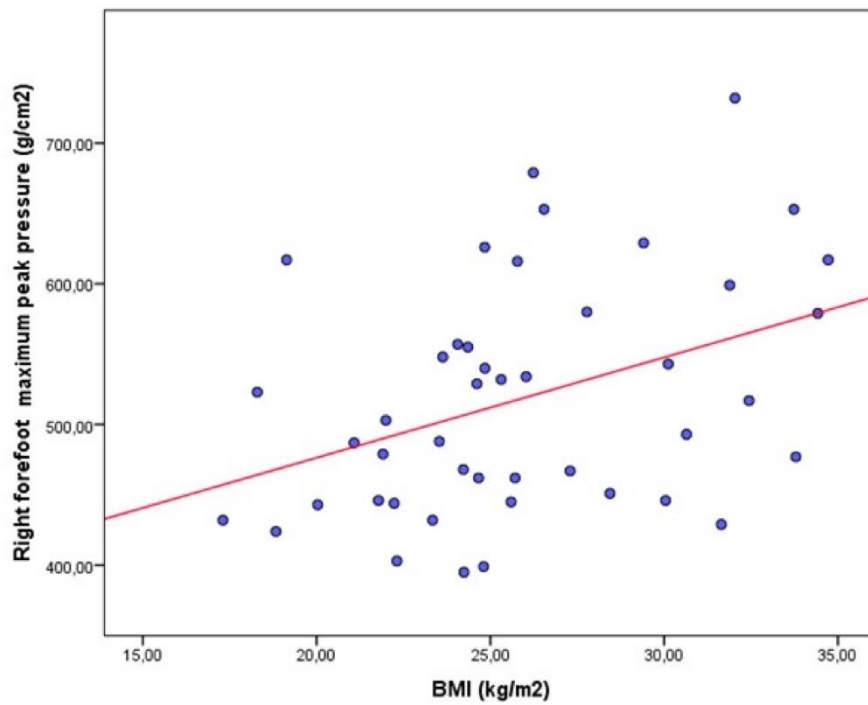
Abreviaturas:  $r$ , resultado de la aplicación de la prueba de Pearson;  $r_s$ , resultado de la aplicación de la prueba de Spearman;  $p$ , valor de significancia considerándose estadísticamente significativo para valores  $p < 0,05$  con un intervalo de confianza del 95%.



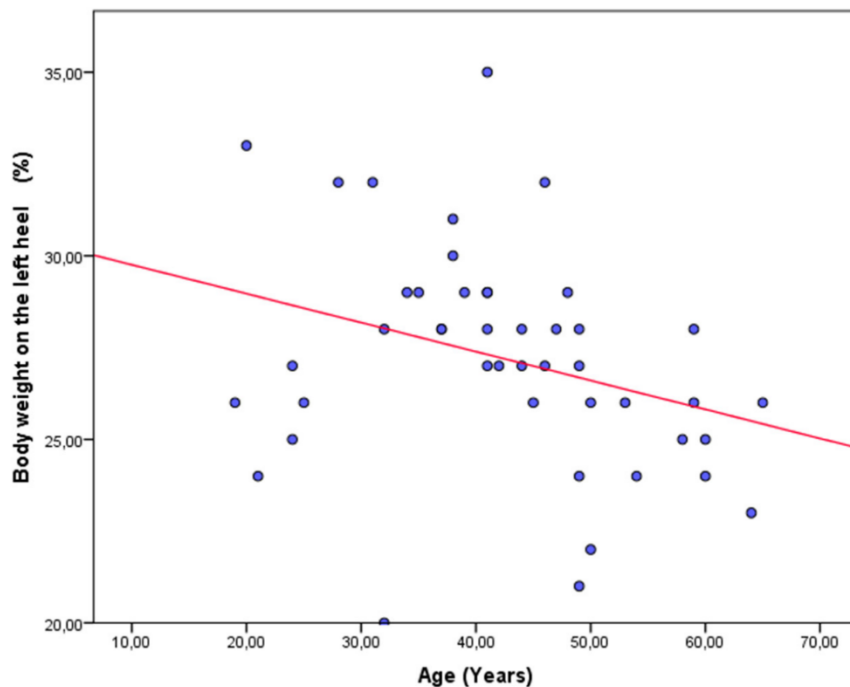
**Figura 11.** Gráfico de dispersión mostrando una correlación positiva débil estadísticamente significativa entre la presión máxima en el antepié derecho y el IMC en pacientes con asma bronquial.



**Figura 12.** Gráfico de dispersión mostrando una correlación positiva débil estadísticamente significativa entre la presión máxima en el antepié derecho y el peso en sujetos sanos.



**Figura 13.** Gráfico de dispersión mostrando una correlación positiva moderada estadísticamente significativa entre la presión máxima en el antepié derecho y el IMC en sujetos sanos.



**Figura 14.** Gráfico de dispersión mostrando una correlación negativa moderada estadísticamente significativa entre el porcentaje de carga en el retropié izquierdo y la edad en sujetos sanos.



### 13.3.3 Análisis de correlación

Los resultados del análisis de correlación bivariado entre los grupos de casos y controles se detallan en la tabla 14. Se observó una correlación positiva débil estadísticamente significativa entre la presión máxima en el antepié derecho y el IMC en pacientes con asma bronquial (figura 11), una correlación positiva débil estadísticamente significativa entre la presión máxima en el antepié derecho y el peso en sujetos sanos (figura 12), una correlación positiva moderada estadísticamente significativa entre la presión máxima en el antepié derecho y el IMC en sujetos sanos (figura 13) y una correlación negativa moderada estadísticamente significativa entre el porcentaje de carga en el retropié izquierdo y la edad en sujetos sanos (figura 14).

### 13.3.4 Análisis predictivo multivariante

Un modelo de regresión lineal estadísticamente significativo ( $p=0,030$ ;  $F_{1,88}=4,874$ ) mostró que el porcentaje de carga en el retropié izquierdo se predijo solo para el grupo de estudio ( $R^2=0,052$ ;  $\beta=-1,444$ ), mientras que el porcentaje de carga sobre el retropié izquierdo fue determinado en el grupo de pacientes con asma bronquial. Otro modelo de regresión lineal estadísticamente significativo ( $p<0,001$ ;  $F_{1,88}=13,655$ ) mostró que la presión máxima en el pie derecho fue solo predicha por el IMC ( $R^2=0,134$ ;  $\beta=+7,662$ ), indicando un aumento de presión máxima en el antepié derecho con el aumento del IMC. El resto de las variables descriptivas (sexo, edad, peso y altura) fueron excluidas del modelo predictivo de acuerdo con valores preestablecidos ( $P_{in}=0,05$ ;  $P_{out}=0,10$ ), indicando que esas variables independientes no predijeron ni el porcentaje de carga en el retropié izquierdo ni la presión máxima en el antepié derecho.



## **14. Discusión**



## 14.1 Hallazgos principales

### 14.1.1 Fiabilidad de la plataforma de presiones (estudio I)

La plataforma de presiones Podoprint® es muy común en las consultas clínicas y en los laboratorios de exploración biomecánica en España. Existen numerosos estudios en los que este dispositivo se ha utilizado para cuantificar diferentes variables [53,57,66]. Izquierdo-Renau et al. publicaron en 2016 un estudio sobre la repetibilidad y fiabilidad de parámetros estáticos y dinámicos de la plataforma de presión S-Plate® [67], considerada la plataforma gemela a Podoprint® por compartir empresa fabricante. Sin embargo, no hemos encontrado en la literatura ningún estudio sobre la repetibilidad y fiabilidad intra e intersesión de los parámetros dinámicos en modo múltiple de este sistema de medición. En el primero de los estudios llevados a cabo en esta tesis, se ha analizado tanto la fiabilidad intrasesión como intersesión de la plataforma de presión Podoprint®. Las mediciones realizadas con este sistema se han repetido tantas veces como se considera necesario para obtener una repetibilidad de los datos fiable [68]. En concreto, se realizaron tres pruebas por sujeto y grado de disimetría simulada (0 mm, 5 mm, 10 mm, 15 mm y 20 mm) en la primera sesión, y se repitieron en una segunda sesión siete días más tarde. Teniendo en cuenta que, el modo de análisis múltiple, la plataforma requiere el registro de cuatro pisadas de cada pie, se analizaron 120 pisadas sobre la plataforma por cada sujeto en cada sesión. En total, los resultados de este estudio se han obtenido a partir del análisis estadístico de 8.880 pisadas registradas con el sistema de medición de presión (figura 9).

El coeficiente de correlación intraclase (ICC) es un estadístico descriptivo muy utilizado para cuantificar la repetibilidad de las mediciones. Utilizando las referencias propuestas por Landis y Koch, valores de ICC entre 0,20 y 0,40 se tienen en cuenta como fiabilidad razonable. Valores entre 0,40 y 0,60 representan una fiabilidad moderada, mientras que consideran una fiabilidad casi perfecta las puntuaciones situadas entre el 0,80 y el 1,00 [69]. Otros autores sostienen que para demostrar la fiabilidad se debe obtener un valor de ICC de al menos 0,75 [70], mientras que Portney y Watkins recomiendan coeficientes de fiabilidad superiores a 0,90 para mejorar la probabilidad de validez de la medición [59]. En nuestro estudio, se comprobó un alto grado de fiabilidad y repetibilidad de las mediciones, tanto intrasesión como intersección, con valores de ICC siempre superiores a 0,775 y en la mayoría de los casos superiores a 0,90. Estos resultados están en concordancia por los obtenidos por Izquierdo-Renau et al. para la plataforma S-Plate<sup>®</sup> [67], por lo que refuerzan nuestros hallazgos. Por otro lado, el error estándar de medición (SEM) representa la cantidad de error de una prueba y el mínimo cambio detectable (MDC) representa la magnitud de variación de valor por debajo de la cual ese cambio puede interpretarse como resultado del error de medida del propio instrumento, y no a un cambio en la situación que se está midiendo. Nuestra investigación mostró valores de SEM por debajo del 1% y MDC ente un 0,038 % y 3,037%. Los resultados de estos estadísticos refuerzan los ICC mostrando una mayor fiabilidad que la comprobada en los estudios de validación de otras plataformas [37,67]. Estos mejores datos pueden explicarse por la utilización de un mayor número de mediciones. De acuerdo con Becerro de Bengoa et al. los cambios fisiológicos esperados en la actividad muscular, postura y velocidad de la marcha pueden alterar las variables durante su medición, por lo

que no es suficiente obtener los parámetros dinámicos en una sola medición. Sin embargo, promediando varias pruebas, la variabilidad de los patrones de la marcha disminuye [37]. Otros autores indican que son suficientes 3 mediciones para la obtención de resultados sólidos [71].

Gurney et al. en su estudio sobre la fiabilidad intersesión de una plataforma de presiones obtuvo valores de ICC mayores de 0,8 y el coeficiente de variación (CoV) máximo de un 13% [40]. En el estudio de Izquierdo-Renau et al. se obtuvieron valores de ICC intersesión mayores de 0,89 [67]. En nuestro estudio se obtuvieron valores de ICC intersesión mayores de 0,90 y un CoV máximo de 1,7%. No encontramos ninguna diferencia estadísticamente significativa cuando comparamos las medias entre la primera y la segunda sesión ( $p > 0,05$ ). Todas las variables estudiadas mantuvieron su fiabilidad en todas las condiciones de disimetría simulada. Además, también se calcularon los límites de concordancia (LoA) y los gráficos de Bland-Altman mostrando las diferencias entre sesiones enfrentadas con la media [60,62]. En este análisis complementario no se apreció en la distribución de los datos errores sistemáticos de medición ni tampoco heterocedasticidad. Todos los valores de las variables resultaron similares, independientemente de las condiciones de disimetría simulada en las que se obtuvieron, presentando una alta repetibilidad y fiabilidad en todos los casos.

#### **14.1.2 Efecto de la disimetría simulada (estudio II)**

Podemos encontrar en la literatura diferentes estudios que señalan que la disimetría de miembros inferiores puede producir alteraciones importantes en los parámetros dinámicos de la marcha [13]. Tradicionalmente, los estudios sobre disimetría de miembros inferiores se han llevado a cabo con sujetos que

presentaban una gran variabilidad en el grado de disimetría y con diferentes patologías asociadas. La falta de homogeneidad en las muestras de estudio ha sido uno de los mayores problemas a la hora de encontrar un consenso entre los diferentes autores sobre los efectos de esta condición patológica. Algunos autores consideran que las variables de confusión limitan los resultados de estos estudios, ya que no pueden aislarse de otros factores y proponen el estudio de la disimetría simulada en sujetos sanos [13–15]. En este estudio, nuestro objetivo fue tratar de entender los efectos de la disimetría simulada de miembros inferiores en un total de 37 sujetos sanos sobre los parámetros dinámicos de la marcha medidos con una plataforma de presión. Nuestros hallazgos muestran que con el incremento del nivel de disimetría simulada se produce una disminución en la presión máxima ( $p < 0,001$ ) y la presión media ( $p < 0,001$ ) en la extremidad larga (figura 10). Como resultado, se produce una asimetría en el reparto de presiones y tiempos de apoyo de los pies. En un estudio de White et al., en el que compararon varios grupos, uno de sujetos con disimetría anatómica de 1 a 3 cm, otro con sujetos sanos, y un tercero con participantes con una disimetría simulada de 1,31 cm se comprobó, acorde a nuestros resultados, que la pierna corta soportaba cargas mayores [72]. En este estudio, como en el nuestro, se demostraron cambios en el corto plazo inducidos por la disimetría simulada. Sin embargo, parece que las asimetrías generadas pueden verse reducidas en el largo plazo a través de estrategias de compensación biomecánica [73]. La desproporción en las presiones y patrones de carga entre extremidades en condiciones dinámicas pueden favorecer patologías articulares en la pierna corta. Golightly et al., demostraron correlación positiva entre disimetrías mayores o iguales a 20 mm y signos radiográficos de artrosis de rodilla y cadera [74]. Pudiera parecer que las estrategias biomecánicas que se



generan en el largo plazo para compensar las alteraciones producidas por las asimetrías quitan importancia a sus efectos, especialmente cuando la disimetría es menor a 20 mm. Sin embargo, existen situaciones clínicas en las que cobran especial importancia. Como ejemplo, en la cirugía de implantación de prótesis de cadera es muy usual que se produzcan disimetrías de menos de 20 mm. Esta situación puede llevar a sobrepresiones en la articulación intervenida que pueden afectar de forma considerable a la evolución postoperatoria del paciente y potencialmente reducir el éxito de la cirugía [75]. Por lo tanto, evaluar los patrones dinámicos de la marcha tras la intervención puede ser determinante para comprobar la sobrecarga a la que es sometida la prótesis, pudiendo contribuir a mejorar la experiencia y aumentar la satisfacción del paciente.

Además, en nuestro estudio se observó que los tiempos de apoyo aumentaron en la pierna larga a medida que aumentó el grado de disimetría, en consonancia con otros estudios [12,17]. Las alteraciones producidas por una leve disimetría de miembros inferiores pueden parecer mínimas cuando se observan en una medida simple, sin embargo, puede propiciar efectos de mayor relevancia cuando se trata de acciones repetitivas como en el caso de la deambulación. De acuerdo con el meta-análisis llevado a cabo por Crawford et al., pacientes con sobrecarga plantar y un aumento del tiempo de apoyo tienen un mayor riesgo de desarrollar úlceras en el pie [76]. La evaluación temprana de la disimetría de miembros inferiores y sus alteraciones en los patrones dinámicos de la marcha en pacientes con diabetes mellitus y neuropatía de Charcot podría ser determinante para prevenir la ulceración en el pie [77].

### 14.1.3 Efecto del asma bronquial (estudio III)

Según nuestro conocimiento, este estudio es el primero en relacionar el asma bronquial con alteraciones en las presiones plantares estáticas en una muestra de pacientes adultos. Esta patología respiratoria fue asociada a una disminución de la movilidad articular de la primera articulación metatarsofalángica y de la articulación tibioperonea astragalina en un estudio previo [78], lo que podría contribuir a explicar alteraciones en las presiones plantares. Los resultados de nuestra investigación muestran una disminución en el porcentaje de carga en el retropié izquierdo en pacientes con asma bronquial en comparación con el grupo de control. Este hallazgo podría estar relacionado con cambios posturales comúnmente asociados con el asma, como la cifosis cervical o la posición adelantada de la cabeza [21,25]. Además, en nuestro estudio también se observó, en el grupo de sujetos con asma bronquial, la disminución de la presión máxima en el antepié derecho. Nogueira et al., en un estudio de 2015, asociaron un incremento en la presión máxima del antepié con el acortamiento de la musculatura posterior de la pierna en pacientes con pies cavos [79], alteraciones también descritas en pacientes con asma [78]. Podemos encontrar en la literatura científica muchos estudios y revisiones que relacionan la postura del pie con las presiones plantares [80,81]. Sin embargo, hay menos investigación interesada en las patologías que afectan a la región superior del cuerpo y sus consecuencias en el control postural y en las presiones plantares. Nosotros, en nuestro estudio, observamos que esa relación existe y merece ser investigada con el fin de mejorar los enfoques terapéuticos. Teniendo en cuenta los resultados de este estudio, parece claro que el asma bronquial es un factor que induce alteraciones en los patrones de presión plantar en los pacientes con esta patología respiratoria en

comparación con sujetos sanos. Esto podría estar relacionado con la estabilidad del control postural, que frecuentemente está alterado en pacientes con asma [82], así como la contractibilidad del diafragma que también puede afectar al control postural [83]. Respecto a nuestra hipótesis inicial, los pacientes con asma parecen presentar cambios en las presiones plantares respecto a los sujetos sanos. En este estudio, los sujetos del grupo de casos mostraron una menor presión máxima en el antepié derecho y un menor porcentaje de carga en el retropié izquierdo. Esta situación, así como los resultados de la predicción hecha por el análisis predictivo multivariante, pueden ser debidas a la transferencia de cargas del retropié hacia el antepié, pudiendo relacionarse con alteraciones previamente descritas en pacientes asmáticos como la limitación en la dorsiflexión del tobillo [78], la alteración del centro de gravedad [84], y un aumento en la pronación del pie [85]. Teniendo en cuenta que no existen diferencias antropométricas estadísticamente significativas entre los sujetos que conforman ambos grupos de estudio, los resultados sugieren que la distribución de la carga y las presiones plantares ocurren de manera diferente en los participantes sanos y en los pacientes con asma bronquial. Esta situación podría generar un factor de riesgo en pacientes con otras patologías asociadas como, por ejemplo, la diabetes mellitus [86]. Por este motivo, consideramos necesario la protocolización de los estudios baropodográficos en pacientes con asma bronquial para detectar de forma precoz posibles alteraciones en las presiones plantares y reparto de cargas para prevenir patologías potencialmente derivadas de esta situación.

## **14.2 Limitaciones del estudio**

Como limitaciones del estudio I, podemos indicar que las evaluaciones de presión plantar fueron realizadas sobre la superficie total del pie. Otras publicaciones han encontrado una gran variabilidad usando divisiones regionales del pie [40,87]. Además, la simulación de disimetría simulada se realizó incrementando progresivamente la altura de las alzas en los sujetos de estudio. Desconocemos si esta progresión pudo contribuir a un efecto de aprendizaje que pudiera afectar a los resultados.

En el estudio II, la colocación de las alzas de diferente medida para simular disimetría se realizó de forma aleatoria, pero siempre en el pie derecho. Algunos estudios han encontrado diferencias entre la pierna dominante y no dominante [88].

En el estudio III, el método de muestreo fue consecutivo. La utilización de un método de muestreo aleatorio podría contribuir en un incremento en la calidad de los resultados.

## **14.3 Futuras investigaciones**

En futuras investigaciones podría mejorarse las conclusiones de los estudios incrementando los tamaños muestrales, con métodos de muestreo aleatorizados, así como incluyendo otros grupos de estudio como la población infantil o los ancianos.

También sería interesante realizar nuevos estudios de evaluación de los efectos de otras patologías como las alteraciones de la oclusión dental, la vista o el oído sobre los parámetros, estáticos, dinámicos y posturales del pie medidos con plataforma de presiones.



## **15. Conclusions**





The results from the first study indicate that Podoprint® pressure platform is a reliable system for assessing dynamic parameters during gait for both normal and simulated leg length discrepancy individuals, due to its high reliability, regardless of the leg length discrepancy stage. This pressure testing instrument can be used in an assured manner by clinicians and researchers to assess dynamic parameters during clinical screenings or research.

The findings of the second study show that increasing leg length discrepancy leads to a decrease in both mean and peak pressure on the longer leg, and consequently, an overload on the short side. In addition, an increasing leg length discrepancy generates an increased stance time on the long limb. In this study, outcomes suggest that leg length discrepancy smaller than 20 mm should not be ignored.

The results of the third study show variations in plantar pressures in asthmatic subjects compared to healthy participants. Specifically, the patients with asthma showed less maximum pressure in the right forefoot and less weight on the left heel, which appear to be related to the asthma condition.



## **16. Bibliografía**



1. Gurney, B. Leg length discrepancy. *Gait Posture* **2002**, *15*, 195–206, doi:10.1016/S0966-6362(01)00148-5.
2. Langer, S. Structural leg shortage. A case report. *J. Am. Podiatry Assoc.* **1976**, *66*, 38–40, doi:10.7547/87507315-66-1-38.
3. McCaw, S.T.; Bates, B.T. Biomechanical implications of mild leg length inequality. *Br. J. Sports Med.* **1991**, *25*, 10–13, doi:10.1136/bjism.25.1.10.
4. McWilliams, A.B.; Grainger, A.J.; O'Connor, P.J.; Redmond, A.C.; Stewart, T.D.; Stone, M.H. A Review of Symptomatic Leg Length Inequality following Total Hip Arthroplasty. *HIP Int.* **2013**, *23*, 6–14, doi:10.5301/HIP.2013.10631.
5. Mahmood, S.; Huffman, L.K.; Harris, J.G. Limb-length discrepancy as a cause of plantar fasciitis. *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* **2010**, *100*, 452–455, doi:10.7547/1000452.
6. Kendall, J.C.; Bird, A.R.; Azari, M.F. Foot posture, leg length discrepancy and low back pain – Their relationship and clinical management using foot orthoses – An overview. *Foot* **2014**, *24*, 75–80, doi:10.1016/J.FOOT.2014.03.004.
7. Carlson, M.; Wilkerson, J. Are differences in leg length predictive of lateral patello-femoral pain? *Physiother. Res. Int.* **2007**, *12*, 29–38, doi:10.1002/pri.351.
8. Aiona, M.; Do, K.P.; Emara, K.; Dorociak, R.; Pierce, R. Gait patterns in children with limb length discrepancy. *J. Pediatr. Orthop.* **2014**, *35*, 280–4, doi:10.1097/BPO.0000000000000262.

9. Li, J.; McWilliams, A.B.; Jin, Z.; Fisher, J.; Stone, M.H.; Redmond, A.C.; Stewart, T.D. Unilateral total hip replacement patients with symptomatic leg length inequality have abnormal hip biomechanics during walking. *Clin. Biomech. (Bristol, Avon)* **2015**, *30*, 513–9, doi:10.1016/j.clinbiomech.2015.02.014.
10. Resende, R.A.; Kirkwood, R.N.; Deluzio, K.J.; Morton, A.M.; Fonseca, S.T. Mild leg length discrepancy affects lower limbs, pelvis and trunk biomechanics of individuals with knee osteoarthritis during gait. *Clin. Biomech.* **2016**, *38*, 1–7, doi:10.1016/j.clinbiomech.2016.08.001.
11. Seeley, M.K.; Umberger, B.R.; Clasey, J.L.; Shapiro, R. The relation between mild leg-length inequality and able-bodied gait asymmetry. *J. Sports Sci. Med.* **2010**, *9*, 572–9.
12. Bhave, A.; Paley, D.; Herzenberg, J.E. Improvement in Gait Parameters After Lengthening for the Treatment of Limb-Length Discrepancy\*. *J. Bone Jt. Surg.* **1999**, *81*, 529–34, doi:10.2106/00004623-199904000-00010.
13. Khamis, S.; Carmeli, E. Relationship and significance of gait deviations associated with limb length discrepancy: A systematic review. *Gait Posture* **2017**, *57*, 115–123, doi:10.1016/j.gaitpost.2017.05.028.
14. Betsch, M.; Wild, M.; Große, B.; Rapp, W.; Horstmann, T. The effect of simulating leg length inequality on spinal posture and pelvic position: a dynamic rasterstereographic analysis. *Eur. Spine J.* **2012**, *21*, 691–7, doi:10.1007/s00586-011-1912-5.
15. Betsch, M.; Rapp, W.; Przibylla, A.; Jungbluth, P.; Hakimi, M.; Schneppendahl, J.; Thelen, S.; Wild, M. Determination of the amount of leg

- length inequality that alters spinal posture in healthy subjects using rasterstereography. *Eur. Spine J.* **2013**, *22*, 1354–61, doi:10.1007/s00586-013-2720-x.
16. Murray, K.J.; Azari, M.F. Leg length discrepancy and osteoarthritis in the knee, hip and lumbar spine. *J. Can. Chiropr. Assoc.* **2015**, *59*, 226–37.
  17. O'Toole, G.C.; Makwana, N.K.; Lunn, J.; Harty, J.; Stephens, M.M. The effect of leg length discrepancy on foot loading patterns and contact times. *Foot Ankle Int.* **2003**, *24*, 256–259, doi:10.1177/107110070302400310.
  18. Masoli, M.; Fabian, D.; Holt, S.; Beasley, R. The global burden of asthma: executive summary of the GINA Dissemination Committee Report. *Allergy* **2004**, *59*, 469–478, doi:10.1111/j.1398-9995.2004.00526.x.
  19. Dharmage, S.C.; Perret, J.L.; Custovic, A. Epidemiology of Asthma in Children and Adults. *Front. Pediatr.* **2019**, *7*, doi:10.3389/fped.2019.00246.
  20. Myers, T.R.; Tomasio, L. Asthma: 2015 and Beyond. *Respir. Care* **2011**, *56*, 1389–1410, doi:10.4187/respcare.01334.
  21. Almeida, V.P.; Guimarães, F.S.; Moço, V.J.R.; Menezes, S.L.S.; Mafort, T.T.; Lopes, A.J. Correlation between pulmonary function, posture, and body composition in patients with asthma. *Rev. Port. Pneumol.* **2013**, *19*, doi:10.1016/j.rppnen.2013.03.005.
  22. Lloyd, A.; Price, D.; Brown, R. The impact of asthma exacerbations on health-related quality of life in moderate to severe asthma patients in the UK. *Prim. Care Respir. J.* **2007**, *16*, doi:10.3132/pcrj.2007.00002.
  23. de Almeida, V.P.; Guimarães, F.S.; Ribeiro Moço, V.J.; Ferreira, A. de S.;

- Silveira de Menezes, S.L.; Lopes, A.J. Is there an association between postural balance and pulmonary function in adults with asthma? *Clinics* **2013**, *68*, doi:10.6061/clinics/2013(11)07.
24. Calvo-Lobo, C.; Paineira-Villar, R.; López-López, D.; García-Paz, V.; Becerro-De-Bengoa-Vallejo, R.; Losa-Iglesias, M.E.; Palomo-López, P. Tarsal tunnel mechanosensitivity is increased in patients with asthma: A case-control study. *J. Clin. Med.* **2018**, *7*, doi:10.3390/jcm7120541.
25. Lunardi, A.C.; Marques Da Silva, C.C.B.; Rodrigues Mendes, F.A.; Marques, A.P.; Stelmach, R.; Fernandes Carvalho, C.R. Musculoskeletal dysfunction and pain in adults with asthma. *J. Asthma* **2011**, *48*, doi:10.3109/02770903.2010.520229.
26. Albuquerque Baltar, J.; Socorro Brasileiro Santos, M. do; da Silva, H.J.; de Pontes Filho, N.T. A asma promove alterações na postura estática? – Revisão sistemática. *Rev. Port. Pneumol. (English Ed.)* **2010**, *16*, 471–476, doi:10.1016/S2173-5115(10)70051-8.
27. López-López, D.; Paineira-Villar, R.; García-Paz, V.; Becerro-De-bengoa-vallejo, R.; Losa-Iglesias, M.E.; Rodríguez-Sanz, D.; Calvo-Lobo, C. Impact of the allergic asthma on foot health-related quality of life and depression: A novel case-control research. *Med.* **2019**, *55*, doi:10.3390/medicina55050124.
28. Palomo-López, P.; Becerro-de-Bengoa-Vallejo, R.; Losa-Iglesias, M.E.; Rodríguez-Sanz, D.; Calvo-Lobo, C.; López-López, D. Impact of Hallux Valgus related of quality of life in Women. *Int. Wound J.* **2017**, *14*, doi:10.1111/iwj.12695.



29. Becerro-de-Bengoa-Vallejo, R.; Losa-Iglesias, M.E.; Rodriguez-Sanz, D. Static and Dynamic Plantar Pressures in Children With and Without Sever Disease: A Case-Control Study. *Phys. Ther.* **2014**, *94*, 818–826, doi:10.2522/ptj.20120164.
30. López-López, D.; Becerro-De-Bengoa-Vallejo, R.; Losa-Iglesias, M.E.; Palomo-López, P.; Rodríguez-Sanz, D.; Brandariz-Pereira, J.M.; Calvo-Lobo, C. Evaluation of foot health related quality of life in individuals with foot problems by gender: A cross-sectional comparative analysis study. *BMJ Open* **2018**, *8*, doi:10.1136/bmjopen-2018-023980.
31. López-López, D.; Paineira-Villar, R.; Becerro-de-Bengoa-Vallejo, R.; Losa-Iglesias, M.E.; Rodríguez-Sanz, D.; Palomo-López, P.; Calvo-Lobo, C. Impact of the mechanical hyperkeratotic lesions and its association with quality of life: An observational case–control study. *J. Eur. Acad. Dermatology Venereol.* **2018**, *32*, doi:10.1111/jdv.14970.
32. Czaprowski, D.; Stoliński, Ł.; Tyrakowski, M.; Kozinoga, M.; Kotwicki, T. Non-structural misalignments of body posture in the sagittal plane. *Scoliosis Spinal Disord.* **2018**, *13*, 6, doi:10.1186/s13013-018-0151-5.
33. Borg, I.; Mizzi, S.; Formosa, C. Plantar pressure distribution in patients with diabetic peripheral neuropathy and a first-ray amputation. *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* **2018**, *108*, doi:10.7547/16-021.
34. Stewart, S.; Carroll, M.; Brenton-Rule, A.; Keys, M.; Bell, L.; Dalbeth, N.; Rome, K. Region-specific foot pain and plantar pressure in people with rheumatoid arthritis: A cross-sectional study. *Clin. Biomech.* **2018**, *55*, doi:10.1016/j.clinbiomech.2018.04.002.

35. Fourchet, F.; Maffiuletti, N.A.; Agosti, F.; Patrizi, A.; Sartorio, A. Impact of rocker sole footwear on plantar pressure distribution during standing and walking in adult obese women. *Disabil. Rehabil.* **2020**, *42*, doi:10.1080/09638288.2018.1512012.
36. Douglas Gross, K.; Felson, D.T.; Niu, J.; Hunter, D.J.; Guermazi, A.; Roemer, F.W.; Dufour, A.B.; Gensure, E.H.; Hannan, M.T. Association of flat feet with knee pain and cartilage damage in older adults. *Arthritis Care Res.* **2011**, *63*, 937–944, doi:10.1002/acr.20431.
37. Vallejo, R.B. de B.; Iglesias, M.E.L.; Zeni, J.; Thomas, S. Reliability and repeatability of the portable EPS-platform digital pressure-plate system. *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* **2013**, *103*, 197–203, doi:10.7547/1030197.
38. Pérez-Soriano, P.; Llana-Belloch, S.; Encarnación-Martínez, A.; Martínez-Nova, A.; Morey-Klapsing, G. Nordic walking practice might improve plantar pressure distribution. *Res. Q. Exerc. Sport* **2011**, *82*, 593–599, doi:10.1080/02701367.2011.10599795.
39. Sánchez-Sáez, J.M.; Palomo-López, P.; Becerro-De-bengoa-vallejo, R.; Calvo-Lobo, C.; Losa-Iglesias, M.E.; López-Del-amo-lorente, A.; López-López, D. Stability of three different sanitary shoes on healthcare workers: A cross-sectional study. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2019**, *16*, 1–15, doi:10.3390/ijerph16122126.
40. Gurney, J.K.; Kersting, U.G.; Rosenbaum, D. Between-day reliability of repeated plantar pressure distribution measurements in a normal population. *Gait Posture* **2008**, *27*, 706–709, doi:10.1016/j.gaitpost.2007.07.002.

41. Oviedo, G.R.; Guerra-Balic, M.; Baynard, T.; Javierre, C. Effects of aerobic, resistance and balance training in adults with intellectual disabilities. *Res. Dev. Disabil.* **2014**, *35*, 2624–2634, doi:10.1016/j.ridd.2014.06.025.
42. Azevedo, R.; Teixeira, N.; Abade, E.; Carvalho, A. Effects of noise on postural stability when in the standing position. *Work* **2016**, *54*, 87–91, doi:10.3233/WOR-162280.
43. von Elm, E.; Altman, D.G.; Egger, M.; Pocock, S.J.; Gøtzsche, P.C.; Vandenbroucke, J.P. The strengthening the reporting of observational studies in epidemiology (STROBE) statement: Guidelines for reporting observational studies. *Int. J. Surg.* **2014**, *12*, 1495–1499, doi:10.1016/j.ijsu.2014.07.013.
44. World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *J. Am. Coll. Dent.* **2014**, *81*, 14–18, doi:10.1093/acprof:oso/9780199241323.003.0025.
45. Rights, H. A Council of Europe Convention for the protection of human rights and dignity of the human being with regard to the application of biology and medicine. *Eur. J. Health Law* **1994**, *1*, 381–416, doi:10.1163/157180994X00060.
46. United Nations General Assembly International Bill of Human Rights 1948, 71–79.
47. Marrugat, J. Calculadora de tamaño muestral GRANMO. Versión 7.12 Abril 2012 Available online: <https://www.imim.cat/ofertadeserveis/software-public/granmo/>.

- 
48. Faul, F.; Erdfelder, E.; Lang, A.-G.; Buchner, A. G\*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav. Res. Methods* **2007**, *39*, 175–191, doi:10.3758/bf03193146.
  49. Richter, D.C.; Joubert, J.R.; Nell, H.; Schuurmans, M.M.; Irusen, E.M. Diagnostic value of post-bronchodilator pulmonary function testing to distinguish between stable, moderate to severe COPD and asthma. *Int. J. COPD* **2008**, *3*, doi:10.2147/copd.s948.
  50. Rokkedal-Lausch, T.; Lykke, M.; Hansen, M.S.; Nielsen, R.O. Normative values for the foot posture index between right and left foot: A descriptive study. *Gait Posture* **2013**, *38*, 843–846, doi:10.1016/j.gaitpost.2013.04.006.
  51. Garrow, J.S. Quetelet index as indicator of obesity. *Lancet* **1986**, *327*, 1219, doi:10.1016/S0140-6736(86)91207-9.
  52. Gogia, P.P.; Braatz, J.H. Validity and reliability of leg length measurements. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* **1986**, *8*, 185–188, doi:10.2519/jospt.1986.8.4.185.
  53. Martínez-Jiménez, E.M.; Losa-Iglesias, M.E.; Antolín-Gil, M.S.; López-López, D.; Romero-Morales, C.; Benito-De-pedro, M.; Calvo-Lobo, C.; Becerro-De-bengoa-vallejo, R. Flexor digitorum brevis muscle dry needling changes surface and plantar pressures: A pre-post study. *Life* **2021**, *11*, doi:10.3390/life11010048.
  54. Martínez-Jiménez, E.M.; Becerro-de-Bengoa-Vallejo, R.; Losa-Iglesias, M.E.; Díaz-Velázquez, J.I.; Palomo-López, P.; Rodríguez-Sanz, D.; Calvo-Lobo, C.; López-López, D. Pressure and Traction Technique Improves

- Postural Control More Than Tactile Stimulation in Foot Plantar Fascia: A Randomized Single-Blind Trial. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* **2020**, *101*, 978–984, doi:10.1016/j.apmr.2020.01.017.
55. Tudor-Locke, C.; Rowe, D.A. Using Cadence to Study Free-Living Ambulatory Behaviour. *Sport. Med.* **2012**, *42*, 381–398, doi:10.2165/11599170-000000000-00000.
56. Martínez-Jiménez, E.M.; de Bengoa-Vallejo, R.B.; Losa-Iglesias, M.E.; Díaz-Velázquez, J.I.; Casado-Hernández, I.; Calvo-Lobo, C.; López-López, D.; Rodríguez-Sanz, D. Sex differences in the footprint analysis during the entire gait cycle in a functional equinus condition: Novel cross sectional research. *Appl. Sci.* **2019**, *9*, doi:10.3390/app9173611.
57. Martínez-Jiménez, E.M.; Losa-Iglesias, M.E.; Becerro-de-Bengoa-Vallejo, R.; Díaz-Velázquez, J.I.; López-López, D.; Calvo-Lobo, C.; Rodríguez-Sanz, D. Immediate Effects of Intermittent Bilateral Ankle Plantar Flexors Static Stretching on Balance and Plantar Pressures. *J. Manipulative Physiol. Ther.* **2020**, *43*, doi:10.1016/j.jmpt.2019.02.012.
58. Shrout, P.E.; Fleiss, J.L. Intraclass correlations: Uses in assessing rater reliability. *Psychol. Bull.* **1979**, *86*, 420–428, doi:10.1037/0033-2909.86.2.420.
59. Watkins, M.P.; Portney, L. Foundations of Clinical Research: Applications to Practice,. *Surv. Ophthalmol.* **2002**, *47*, 598, doi:10.1016/S0039-6257(02)00362-4.
60. Martin Bland, J.; Altman, D. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* **1986**, *327*, 307–

- 310, doi:10.1016/S0140-6736(86)90837-8.
61. Jacobson, N.S.; Truax, P. Clinical significance: a statistical approach to defining meaningful change in psychotherapy research. *J. Consult. Clin. Psychol.* **1991**, *59*, 12–9, doi:10.1037/0022-006X.59.1.12.
62. Giavarina, D. Understanding Bland Altman analysis. *Biochem. Medica* **2015**, *25*, doi:10.11613/BM.2015.015.
63. Armstrong, R.A. Recommendations for analysis of repeated-measures designs: testing and correcting for sphericity and use of <sc>manova</sc> and mixed model analysis. *Ophthalmic Physiol. Opt.* **2017**, *37*, 585–593, doi:10.1111/opo.12399.
64. Cohen, J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*; Second Edi.; Routledge: New York, 2013; ISBN 9781134742707.
65. Schober, P.; Schwarte, L.A. Correlation coefficients: Appropriate use and interpretation. *Anesth. Analg.* **2018**, *126*, doi:10.1213/ANE.0000000000002864.
66. Martínez-Jiménez, E.M.; Becerro-de-Bengoa-Vallejo, R.; Losa-Iglesias, M.E.; Rodríguez-Sanz, D.; Díaz-Velázquez, J.I.; Casado-Hernández, I.; Mazoteras-Pardo, V.; López-López, D. Acute effects of myofascial induction technique in plantar fascia complex in patients with myofascial pain syndrome on postural sway and plantar pressures: A quasi-experimental study. *Phys. Ther. Sport* **2020**, *43*, doi:10.1016/j.ptsp.2020.02.008.
67. Izquierdo-Renau, M.; Pérez-Soriano, P.; Ribas-García, V.; Queralt, A. Intra

- and intersession repeatability and reliability of the S-Plate® pressure platform. *Gait Posture* **2017**, *52*, 224–226, doi:10.1016/j.gaitpost.2016.12.001.
68. Chinn, S. Statistics in respiratory medicine. 2. Repeatability and method comparison. *Thorax* **1991**, *46*, doi:10.1136/thx.46.6.454.
69. Landis, J.R.; Koch, G.G. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics* **1977**, *33*, 159, doi:10.2307/2529310.
70. Burdock, E.I.; Fleiss, J.L.; Hardestiny, A.S. A new view of inter-observer agreement. *Pers. Psychol.* **1963**, *16*, 373–384, doi:10.1111/j.1744-6570.1963.tb01283.x.
71. van der Leeden, M.; Dekker, J.H.M.; Siemonsma, P.C.; Lek-Westerhof, S.S.; Steultjens, M.P.M. Reproducibility of Plantar Pressure Measurements in Patients with Chronic Arthritis: A Comparison of One-Step, Two-Step, and Three-Step Protocols and an Estimate of the Number of Measurements Required. *Foot Ankle Int.* **2004**, *25*, 739–744, doi:10.1177/107110070402501008.
72. White, S.C.; Gilchrist, L.A.; Wilk, B.E. Asymmetric Limb Loading with True or Simulated Leg-Length Differences. *Clin. Orthop. Relat. Res.* **2004**, *421*, 287–292, doi:10.1097/01.blo.0000119460.33630.6d.
73. Walsh, M.; Connolly, P.; Jenkinson, A.; O'Brien, T. Leg length discrepancy - An experimental study of compensatory changes in three dimensions using gait analysis. *Gait Posture* **2000**, *12*, 156–161, doi:10.1016/S0966-6362(00)00067-9.

- 
74. Golightly, Y.M.; Allen, K.D.; Renner, J.B.; Helmick, C.G.; Salazar, A.; Jordan, J.M. Relationship of limb length inequality with radiographic knee and hip osteoarthritis. *Osteoarthr. Cartil.* **2007**, *15*, 824–829, doi:10.1016/j.joca.2007.01.009.
75. Flecher, X.; Ollivier, M.; Argenson, J.N. Lower limb length and offset in total hip arthroplasty. *Orthop. Traumatol. Surg. Res.* **2016**, *102*, S9–S20, doi:10.1016/j.otsr.2015.11.001.
76. Crawford, F.; Inkster, M.; Kleijnen, J.; Fahey, T. Predicting foot ulcers in patients with diabetes: a systematic review and meta-analysis. *QJM* **2006**, *100*, 65–86, doi:10.1093/qjmed/hcl140.
77. López-Moral, M.; Molines-Barroso, R.J.; García-Morales, E.; García-Álvarez, Y.; Álvaro-Afonso, F.J.; Lázaro-Martínez, J.L. Predictive values of foot plantar pressure assessment in patients with midfoot deformity secondary to Charcot neuroarthropathy. *Diabetes Res. Clin. Pract.* **2021**, *175*, doi:10.1016/j.diabres.2021.108795.
78. Calvo-Lobo, C.; Panceira-Villar, R.; García-Paz, V.; Becerro-De-bengoa-Vallejo, R.; Losa-Iglesias, M.E.; Munuera-Martínez, P. V.; López-López, D. Falls rate increase and foot dorsal flexion limitations are exhibited in patients who suffer from asthma: A novel case-control study. *Int. J. Med. Sci.* **2019**, *16*, doi:10.7150/ijms.32105.
79. Nogueira, M.P.; Farcetta, F.; Zuccon, A. Cavus Foot. *Foot Ankle Clin.* **2015**, *20*, 645–656, doi:10.1016/j.fcl.2015.07.007.
80. Buldt, A.K.; Allan, J.J.; Landorf, K.B.; Menz, H.B. The relationship between foot posture and plantar pressure during walking in adults: A systematic



- review. *Gait Posture* **2018**, 62, 56–67, doi:10.1016/j.gaitpost.2018.02.026.
81. Buldt, A.K.; Forghany, S.; Landorf, K.B.; Levinger, P.; Murley, G.S.; Menz, H.B. Foot posture is associated with plantar pressure during gait: A comparison of normal, planus and cavus feet. *Gait Posture* **2018**, 62, doi:10.1016/j.gaitpost.2018.03.005.
82. Ricoy, J.; Rodríguez-Núñez, N.; Álvarez-Dobaño, J.M.; Toubes, M.E.; Riveiro, V.; Valdés, L. Diaphragmatic dysfunction. *Pulmonology* **2019**, 25, 223–235, doi:10.1016/j.pulmoe.2018.10.008.
83. Terada, M.; Kosik, K.B.; McCann, R.S.; Gribble, P.A. Diaphragm Contractility in Individuals with Chronic Ankle Instability. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2016**, 48, doi:10.1249/MSS.0000000000000994.
84. Hey, H.W.D.; Tan, K.A.; Thadani, V.N.; Liu, G.K.P.; Wong, H.K. Characterization of Sagittal Spine Alignment with Reference to the Gravity Line and Vertebral Slopes: An Analysis of Different Roussouly Curves. *Spine (Phila. Pa. 1976)*. **2020**, 45, doi:10.1097/BRS.0000000000003379.
85. Ghasemi, M.S.; Koochpayehzadeh, J.; Kadkhodaei, H.; Ehsani, A.A. The effect of foot hyperpronation on spine alignment in standing position. *Med. J. Islam. Repub. Iran* **2016**, 30.
86. Ledoux, W.R.; Shofer, J.B.; Cowley, M.S.; Ahroni, J.H.; Cohen, V.; Boyko, E.J. Diabetic foot ulcer incidence in relation to plantar pressure magnitude and measurement location. *J. Diabetes Complications* **2013**, 27, doi:10.1016/j.jdiacomp.2013.07.004.
87. Ramanathan, A.K.; Kiran, P.; Arnold, G.P.; Wang, W.; Abboud, R.J.

- Repeatability of the Pedar-X® in-shoe pressure measuring system. *Foot Ankle Surg.* **2010**, *16*, 70–73, doi:10.1016/j.fas.2009.05.006.
88. Sadeghi, H.; Allard, P.; Prince, F.; Labelle, H. Symmetry and limb dominance in able-bodied gait: a review. *Gait Posture* **2000**, *12*, 34–45, doi:10.1016/S0966-6362(00)00070-9.

## **17. Actividad y producción científica**



### 17.1 Publicaciones en revistas en Journal Citation Report (JCR).

- Pereiro-Buceta H, Calvo-Lobo C, Becerro-de-Bengoa-Vallejo R, Losa-Iglesias ME, Romero-Morales C, López-López D, Martínez-Jiménez EM. Intra and intersession repeatability and reliability of dynamic parameters in pressure platform assessments on subjects with simulated leg length discrepancy. A cross-sectional research. *Sao Paulo Med J.* **2021** Aug-Sep;139(5):424-434. doi: 10.1590/1516-3180.2020.0791.R1.110321. PMID: 34190874.

- Pereiro-Buceta H, Becerro-de-Bengoa-Vallejo R, Losa-Iglesias ME, López-López D, Navarro-Flores E, Martínez-Jiménez EM, Martiniano J, Calvo-Lobo C. The Effect of Simulated Leg-Length Discrepancy on the Dynamic Parameters of the Feet during Gait-Cross-Sectional Research. *Healthcare (Basel).* **2021** Jul 24;9(8):932. doi: 10.3390/healthcare9080932. PMID: 34442069; PMCID: PMC8393962.

- Paineira-Villar, R.; García-Paz, V.; Becerro de Bengoa-Vallejo, R.; Losa-Iglesias, M.E.; López-López, D.; Martiniano, J.; Pereiro-Buceta, H.; Martínez-Jiménez, E.M.; Calvo-Lobo, C. Impact of Asthma on Plantar Pressures in a Sample of Adult Patients: A Case-Control Study. *J. Pers. Med.* **2021**, *11*, 1157. Doi: 10.3390/jpm11111157.

- Martínez-Jiménez, E.M.; Pereiro-Buceta, H.; Palomo-López, P.; Navarro-Flores, E.; Jiménez-Cebrián, A.M.; Losa-Iglesias, M.E.; Becerro-De-Bengoa-Vallejo, R.; López-López, D. Repeatability and Reliability of the Rheumatoid Arthritis Foot Disease Activity Index in Spanish Patients: A Transcultural Adaptation. *Biology* **2022**, *11*, 30. Doi: 10.3390/biology11010030.

### **17.2 Estancias internacionales**

- Estancia predoctoral en MovLab/Centre for Research in Applied Communication, Culture and New Technologies, Universidad Lusófona de Humanidades y Tecnologías. Lisboa, Portugal entre el 15 de enero y 15 de abril de 2021.

### **17.3 Becas**

- Beca del Programa inMOTION. Ayuda para estancias predoctorales Inditex-UDC 2021.

### **17.4 Asistencia a cursos**

- III Conferencia Interuniversitaria: El estudio de la percepción de la Comunidad Educativa sobre las causas que producen plagio académico. Universidade da Coruña. 2020.

- Jornada “Cómo Cumplir con las Políticas de Acceso Abierto: Información y Servicios de Apoyo a los Investigadores”. 4 horas. Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación. Universidade da Coruña. A Coruña 2020.

- Curso “Análisis de Datos con SPSS: Nivel Medio”. 15 horas. Centro Universitario de Formación e Innovación Educativa. Universidade da Coruña. A Coruña 2020.

-Curso “Metodología de Investigación Básica y Aplicada”. 12 horas. Centro Universitario de Formación e Innovación Educativa. Universidade da Coruña. A Coruña 2019.

- Programa de Formación en Cirugía Mínimamente Invasiva de Tercera Generación (1ª parte). Academia Española de Cirugía Podológica. Universidad Católica de San Antonio de Murcia. Murcia 2021.
- Curso de Peritaje judicial ante demandas por responsabilidad civil profesional en Podología, valoración del daño corporal en Podología. On-line. Colegio de Podólogos de Galicia. 2021.
- XIV Practicum en Cirugía Mayor Ambulatoria Y Medicina Regenerativa de Pie y Tobillo. Academia Española de Cirugía Podológica / Universidad Católica San Antonio de Murcia. Murcia 2021.
- IV Curso Práctico de Disección Anatómica y Técnicas Quirúrgicas de Pie y Tobillo. Universidade da Coruña. Ferrol 2021.

### **17.5 Asistencia a congresos**

- I Congreso internacional virtual monográfico de Podología/Podiatría. Fascia plantar: histología, anatomía, biomecánica, patología y tratamiento. Consejo General de Colegios Oficiales de Podólogos de España. 2020.
- Congreso Internacional Podólogos y Podólogas Contra el Sars-Cov-2. Universidad Complutense de Madrid. Madrid 2020.
- 50º Congreso Nacional de Podología y VI Encuentro Iberoamericano. Consejo General de Colegios Oficiales de Podólogos de España. Santander 2019.