

## Mediciones de imágenes fotográficas del pie como una metodología no invasiva y válida en la exploración clínica

### Photographic imaging measurements of the foot as a non-invasive and valid methodology for clinical examination

Dante Rodríguez-Alonso<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6662-9210>

Cesar Fernández-Sánchez<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7335-0541>

Santiago M. Benites<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-8511-7106>

<sup>1</sup>Unidad de Investigación Innovaciones Pie Diabético, Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, Perú.

\*Correo electrónico: ortocentro30@gmail.com

#### RESUMEN

**Introducción:** La evaluación anatómica musculoesquelética por imagen en la exploración clínica del pie es la fotografía digital que evalúa la morfología superficial.

**Objetivos:** Validar la obtención de las imágenes fotográficas del pie, calcular las mediciones longitudinales, angulares y el índice del arco plantar de las imágenes mencionadas usando un podoscopio y fotogrametría en sujetos sanos y categorizar la normalidad de las mediciones.

**Métodos:** Este estudio fue exploratorio y se realizó utilizando un prototipo de cámaras alrededor de un podoscopio y un software de análisis de imágenes. La imagen fotográfica fue evaluada por mediciones longitudinales, angulares y el índice plantar.

**Resultados:** Los 30 sujetos sanos evaluados tenían una edad media de  $25,06 \pm 11,95$  años, predominaban las mujeres con un 53,3%. La longitud total del pie, anchura del metatarso y altura del empeine media para el lado derecho en  $226,55 \pm 36,49$ mm,  $98,99 \pm 22,71$  mm, y  $36,32 \pm 4,07$  mm respectivamente; y para el lado izquierdo en  $229,81 \pm 42,25$  mm,  $104,49 \pm 16,84$ mm y  $36,31 \pm 3,32$  mm, respectivamente. El ángulo intermetatarsal del 1-2 rayo, ángulo intermetatarsal del 4-5 rayo y ángulo del retropié para el lado derecho fueron  $14 \pm 4^\circ$ ,  $11 \pm 3^\circ$  y  $2 \pm 2^\circ$  respectivamente, para el lado izquierdo  $14 \pm 3^\circ$ ,  $9 \pm 3^\circ$  y  $2 \pm 2^\circ$  respectivamente y el índice plantar del arco derecho e izquierdo fueron  $0,23 \pm 0,2$  y  $0,22 \pm 0,1$ , respectivamente. La variabilidad solo se presentó en el antepié en 20 %.

**Conclusiones:** La obtención de las imágenes fotográficas del pie fueron válidas, las mediciones fueron menores o similares a otros estudios. La variabilidad de normalidad solo se presentó en antepié.

**Palabras claves:** pie, imagen fotográfica, fotogrametría, musculoesquelético

## ABSTRACT

**Introduction:** Musculoskeletal anatomical assessment by imaging in clinical examination of the foot is digital photography assessing surface morphology.

**Objectives:** To validate the acquisition of photographic images of the foot, to calculate the longitudinal, angular and plantar arch index measurements of the above images using a podoscope and photogrammetry in healthy subjects and to categorize the normality of the measurements.

**Methods:** This study was exploratory and was performed using a prototype camera around a podoscope and image analysis software. The photographic image was evaluated by longitudinal, angular and plantar index measurements.

**Results:** The 30 healthy subjects evaluated had a mean age of  $25.06 \pm 11.95$  years, females predominated with 53.3%. The mean total foot length, metatarsal width and instep height for the right side at  $226.55 \pm 36.49$  mm,  $98.99 \pm 22.71$  mm, and  $36.32 \pm 4.07$  mm respectively; and for the left side at  $229.81 \pm 42.25$  mm,  $104.49 \pm 16.84$  mm and  $36.31 \pm 3.32$  mm respectively. The 1-2 ray intermetatarsal angle, 4-5 ray intermetatarsal angle and rearfoot angle for the right side were  $14 \pm 4^\circ$ ,  $11 \pm 3^\circ$  and  $2 \pm 2^\circ$  respectively; for the Left side  $14 \pm 3^\circ$ ,  $9 \pm 3^\circ$  and  $2 \pm 2^\circ$  respectively and the plantar index of the right and left arch were  $0.23 \pm 0.2$  and  $0.22 \pm 0.1$  respectively. Variability was only present in the forefoot at 20%.

**Conclusions:** The photographic images of the foot were valid, the measurements were lower or similar to other studies. The variability of normality was only present in the forefoot.

**Keywords:** foot, photographic imaging, photogrammetry, musculoskeletal.

Recibido: 14/06/2020

Aceptado: 20/01/2021

## Introducción

La incidencia de la diabetes mellitus se ha cuadruplicado en las últimas dos décadas a nivel mundial.<sup>(1)</sup> La deformidad del pie es un componente principal que requiere ser diagnosticado para categorizar el pie en riesgo en los diabéticos.<sup>(2)</sup> Las imágenes fotográficas son consideradas como una buena tecnología disponible para el diagnóstico y monitoreo del pie diabético por telemedicina.<sup>(3)</sup>

La normalidad del sistema musculoesquelético involucra la morfología, estabilidad y movimiento por criterios anatómicos y fisiológicos respecto a un patrón común de medición y su variabilidad.<sup>(4)</sup> La variabilidad anatómica se define como una modificación de la presentación usual de una parte del cuerpo que no requiere tratamiento.<sup>(5)</sup> La morfología del sistema musculoesquelético

del pie se evalúa con mediciones de longitud, ancho, alto, angulaciones de sus diferentes partes respecto a la posición de bipedestación en el plano longitudinal, coronal y axial.<sup>(6)</sup>

La evaluación anatómica musculoesquelética se realiza por exploración clínica y los métodos de imagen no invasivos más comunes del pie son la fotografía digital y la ecografía modo B para explorar la morfología superficial y profunda, respetivamente.<sup>(7)</sup>

La fotogrametría es una metodología que permite obtener mediciones lineales, angulares e índices sobre la estructura superficial o profunda de un objeto en un ambiente en particular usando la fotografía digital u otro método.<sup>(8)</sup> Estas mediciones sirven para validar y categorizar el estado de normalidad y su variabilidad de una estructura superficial del cuerpo humano como el pie.<sup>(4)</sup>

Algunos estudios previos usando fotogrametría han tomado como mediciones lineales del pie más importantes a la longitud total, ancho total, altura de dorso y otras mediciones tales como longitud interna, longitud externa, ancho del metatarso, ancho del talón, altura del hallux y altura del empeine.<sup>(9, 10)</sup> Las mediciones angulares como el ángulo del retropié y el índice del arco plantar fueron validados por imagen fotográfica en dos estudios.<sup>(11, 12)</sup> Otras mediciones angulares fueron el ángulo intermetatarsal del primer y segundo rayo para el hallux y el ángulo intermetatarsal del cuarto y quinto rayo para el quinto dedo que fueron validadas por radiografía digital del pie en dos estudios.<sup>(13, 14)</sup>

Los antecedentes de las mediciones lineales mencionado por Yadav y otros<sup>(9)</sup> evalúan el tamaño, por otro lado las mediciones angulares del hallux y quinto dedo realizadas por Nix y otros<sup>(13)</sup> y Fallat y otros<sup>(14)</sup> evalúan la forma del antepié, la medición del índice del arco plantar según Ashnagar y otros<sup>(11)</sup> evalúa el medio pie y finalmente la medición ángulo del retropié según Sacco y otros<sup>(12)</sup> evalúa el retropié. Por tanto, la integración de las mediciones mencionadas integran la evaluación morfológica del pie.

La utilización de imágenes fotográficas para el diagnóstico y fotogrametría médica como una metodología óptica no invasiva para evaluar la morfología y la identificación de los patrones de normalidad y su repercusión en la deformidad del pie justificó los objetivos siguientes:

- Validar la obtención de las imágenes fotográficas del pie usando una podoscopia digital en sujetos sanos como exploración clínica.
- Calcular las mediciones longitudinales, angulares y el índice del arco plantar de las imágenes fotográficas del pie por fotogrametría en sujetos sanos.
- Categorizar la normalidad de la forma basado en las mediciones angulares e índice antes medidas en sujetos sanos.

## Métodos

El estudio fue descriptivo, exploratorio y el lugar de evaluación una unidad clínica de pie diabético en la ciudad de Trujillo localizada en la costa norte del Perú. Las variables fueron las mediciones lineales, angulares e índice del arco plantar. Las mediciones lineales de las imágenes fotográficas del pie fueron longitud, anchura y altura del dorso en milímetros validados por Yadav y otros.<sup>(9)</sup> Las mediciones angulares del hallux y quinto dedo fueron categorizados como normales cuando el ángulo intermetatarsal del primero y segundo rayo óseo fue  $+12^\circ$  hasta  $-5^\circ$  y el ángulo intermetatarsal del cuarto y quinto rayo óseo fue  $+3^\circ$  hasta  $+9^\circ$  respectivamente.<sup>(13, 14)</sup> Las mediciones angulares del medio pie se realizó usando el índice plantar del arco que fue categorizado como normal cuando el área plantar del medio pie dividida entre la suma del área ante pie, medio pie y retropié, presentó valores entre 0,21 a 0,26.<sup>(15)</sup> Las mediciones del retropié fue categorizado como normal cuando el ángulo del retropié fue  $+5^\circ$  hasta  $-5^\circ$ .<sup>(12)</sup> Las mediciones angulares y índice plantar del arco con valores superiores o inferiores mencionados líneas arribas fueron considerados como presencia de variabilidad.

La población de estudio fue conformada por sujetos mayores de 18 y menores de 40 años de ambos sexos y ninguno presentaba dolor y limitación funcional del pie y tobillo. Los sujetos excluidos fueron gestantes, amputados de miembros inferiores, con discapacidad psicomotriz, deformidades congénitas o adquiridas de columna y miembros inferiores. El tamaño de muestra planificada fue de 30 sujetos por ser un estudio exploratorio quienes cumplieron los criterios de inclusión y exclusión, escogidos por muestreo no probabilístico por conveniencia de expertos. La unidad de análisis fue el pie derecho e izquierdo de cada sujeto evaluado.

La ficha de recolección de datos está conformada por datos demográficos, examen clínico y mediciones. Los datos de mediciones fueron validados por estudios previos mencionados en la introducción de este artículo. Las técnicas de recolección de datos fueron la medición realizada en las imágenes fotográficas utilizando un *hardware* y *software* siguiente:

- El *hardware* fue un podoscopio metacrilato transparente, con luz verde y fondo cuadrículado con dos cámaras Webcam Logitech modelo C310 HD (sensor óptico 5 megapíxeles y estabilizador fijo de imagen). La primera cámara colocada en un trípode con adaptación para deslizamiento circular en el plano horizontal estuvo ubicada inicialmente a 30 cm frontal de anterior a posterior a la línea entre ambos maléolos del tobillo del sujeto, se deslizaba al mismo punto de posterior a anterior y finalmente se deslizaba hacia lateral derecho e izquierdo focalizado al punto medio del arco plantar interno del pie. La segunda cámara sin trípode ubicada dentro de un podoscopio a 30 cm por debajo de la plataforma de metacrilato dirigida a

un punto equidistante de ambos arcos plantares internos. El podoscopio digital propuesto fue similar al estudio de O'Meara y otros.<sup>(10)</sup>

- El *software* fue un analizador de imágenes libre denominado ImageJ para Microsoft Windows 10. Las imágenes obtenidas por las cámaras webcam fueron en formato JPEG para ser analizadas por el *software* mencionado. Las medidas lineales, angulares se utilizaron las herramientas del *software* con y sin calibración del tamaño real, respectivamente. El índice plantar de arco se calculó usando las áreas con las herramientas específicas del *software*.

El procedimiento fue cuando el sujeto de estudio se posicionaba en bipedestación con un fondo cuadrículado movable (cada cuadrado tenía 2 cm de lado) para los abordajes lateral, frontal y debajo del metacrilato donde la región de interés es el pie y el tobillo. La captura fotográfica frontal fue una de posterior-anterior para ambos pies y la captura lateral fueron dos de medial a lateral para cada pie. La captura fotográfica tomada por debajo del metacrilato transparente no fue necesario movilizar al sujeto. Las fotografías se muestran en la figura 1 según la región de interés estuvieron en formato JPG. Las fotografías fueron realizadas por un técnico adiestrado y las imágenes fueron analizadas por un experto en el *software*. La identificación de normalidad y variante fue otorgada solo por el investigador experto previa medición angular e índice del arco plantar.



**Fig. 1.** Mediciones lineales (“a” “largo y ancho y “b” altura) de las imágenes fotográficas en sujetos sanos usando el *software* ImageJ.

La estadística descriptiva fue realizada usando el *software* SPSS 26 para calcular promedios y desviación estandar para mediciones lineales, angulares e índice y calcular frecuencias absolutas y relativas para categorizar la normalidad y variabilidad. La investigación tuvo una aprobación del Comité de Ética de la Universidad César Vallejo en el 2019. El consentimiento informado fue realizado a todos los sujetos y se protegió la confidencialidad de los datos.

## Resultados

Los 30 sujetos del grupo de muestra tuvieron una edad promedio de  $25,06 \pm 11,95$  años, predominaron las mujeres con 53,3 %, la constitución física atlética fue de 50%, la talla de calzado promedio fue  $39,35 \pm 2,67$  y predominó el índice de masa corporal (IMC) tipo sobrepeso según la Organización Mundial de la Salud (OMS) en un 50 %. Los detalles de las mediciones lineales se muestran en la figura 1, las mediciones angulares e índice del arco plantar se muestran en la figura 2. Los promedios y desviación estándar de mediciones lineales de los 30 sujetos sanos que corresponde a longitud del pie, ancho del pie y para la altura del dorso del pie se muestran en la tabla 1. Las mediciones angulares se muestran en la tabla 2 y el índice del arco plantar derecho e izquierdo fueron  $0,23 \pm 0,2$  y  $0,22 \pm 0,1$ , respectivamente. La categorización de las mediciones angulares e índice presentaron una normalidad para el antepié, medio pie y retropié en 80 %, 100 % y 100 %, respectivamente. La presencia de variabilidad solo se presentó en el antepié en 20 % siendo simétrica y correspondió a tres sujetos en el hallux, dos sujetos en el quinto dedo y un sujeto en ambas estructuras.

**Tabla 1.** Mediciones lineales de las imágenes musculo esqueléticas del pie en 30 sujetos sanos usando fotogrametría

Parámetro de medición	Derecho (mm) $\mu \pm \sigma$	Izquierdo(mm) $\mu \pm \sigma$
Longitud total del pie	$226,55 \pm 36,49$	$229,81 \pm 42,25$
Ancho de metatarso	$98,99 \pm 22,71$	$104,49 \pm 16,84$
Altura del dorso del pie	$36,32 \pm 4,07$	$36,31 \pm 3,32$

Fuente: Imágenes fotográficas

**Tabla 2.** Mediciones angulares de las imágenes musculo esqueléticas del pie en 30 sujetos sanos usando fotogrametría

Parámetro de medición	Derecho (°) $\mu \pm \sigma$	Izquierdo(°) $\mu \pm \sigma$
Ángulo intermetatarsal del 1-2 rayo	$14 \pm 4$	$14 \pm 3$
Ángulo intermetatarsal del 4-5 rayo	$11 \pm 3$	$9 \pm 3$
Ángulo del retropié	$2 \pm 2$	$2 \pm 2$

Fuente: imágenes fotográficas

## Discusión

Este estudio calculó mediciones lineales, mediciones angulares e índice plantar del arco de las imágenes fotográficas del pie para evaluar la morfología y luego

se identificó que solo el antepié presento variabilidad de normalidad. La identificación de las variantes anatómicas en la práctica clínica es necesaria para un buen diagnóstico y tratamiento.<sup>(5)</sup>

La exploración clínica del pie que realiza el médico especialista por observación directa o con instrumentos es sistemática, operador dependiente y requiere de un adiestramiento previo.<sup>(16)</sup> La exploración del pie necesita que el operador realice las mediciones lineales con instrumentos como pie de Rey o un calibrador de Brannock como parte de procesos de mediciones antropométricas.<sup>(17)</sup> Las mediciones angulares se realizan usando la goniometría y para el caso del cálculo del índice de arco plantar un plantígrado y podoscopio convencional como parte de la exploración clínica.<sup>(18,19)</sup> La exploración clínica del pie según lo antes mencionado muestra limitaciones técnicas que son mejoradas con instrumentos físicos o virtuales como en este estudio donde se empleó un cámara fotográfica integrada en un podoscopio y un *software* de análisis de imagen fotográfica.

Las mediciones lineales del pie encontradas en este estudio fue menor respecto a estudio de Yadav y otros<sup>(9)</sup> y el estudio de O'Meara y otros<sup>(10)</sup> para la longitud y la altura del dorso que se explica porque los sujetos evaluados de los estudios mencionados fueron de raza europea cuya altura es mayor y predominio del género masculino explicado por el dimorfismo del pie.<sup>(20,21)</sup> El ancho del pie de este estudio fueron ligeramente inferior a los estudios mencionados debido a la presencia de variabilidad en el antepié que influyen en la zona metatarsiana y esta variabilidad se presenta más en mujeres con la tendencia a presentar hallux valgus y juanetillo del sastre.<sup>(22, 23)</sup> La combinación de las mediciones angulares para cada área del pie fue integrado en este estudio y no se pudo encontrar otro similar pero cuando lo comparamos con otros estudios a cada región sus mediciones fueron similares.<sup>(12, 13, 14, 15)</sup>

Las mediciones del pie en este estudio presentó variabilidad de normalidad exclusivamente en el antepié no es considerado patológico porque no hay presencia de dolor, callos y tumefacción local.<sup>(24)</sup> Este estudio presentó variantes en ante pie que pueden en el transcurso de décadas provocar deformidad tales como hallux valgus, juanetillo del sastre, dedos en garra, dedos en martillo y metatarsalgia.<sup>(25)</sup> La identificación precoz y adecuadamente de las deformidades mencionadas son fundamentales para el manejo del pie en riesgo en diabéticos.<sup>(2)</sup>

Las limitaciones de este estudio fue tener solo un validador especialista que categorizó la presencia de variabilidad y las mediciones angulares del antepié consideradas en este estudio no fueron exclusivas por imágenes fotográficas. La principal fortaleza de este estudio fue el uso de *hardware* y *software* ya validados por otros estudios.

La implicación clínica más importante de este estudio es que las mediciones de las imágenes fotográficas permiten una válida y no invasiva exploración clínica para el especialista traumatólogo o médico involucrado en el pie diabético.

Este estudio exploratorio de las imágenes fotográficas del pie de sujetos sanos fue validado usando podoscopia digital como exploración clínica. Este estudio encontró mediciones longitudinales y mediciones angulares e índice del arco plantar fueron menores y similares a otros estudios, respectivamente. La presencia de normalidad por la categorización de las mediciones angulares e índice fueron totales excepto la variabilidad del antepié.

## Referencias bibliográficas

1. Zheng Y, Ley SH, Hu FB. Global aetiology and epidemiology of type 2 diabetes mellitus and its complications. *Nat Rev Endocrinol* 2018; 14(2): 88-98. Disponible en <https://www.nature.com/articles/nrendo.2017.151>
2. Bus SA, van Netten JJ, Lavery LA, Monteiro-Soares M, Rasmussen A, Jubiz Y. IWGDF guidance on the prevention of foot ulcers in at-risk patients with diabetes. *Diabetes Metab Res Rev* 2016;32(S1): 16-24. DOI: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/dmrr.2696>
3. Hazenberg CEVB, Aan de Stegge WB, Van Baal SG, Moll FL, Bus SA. Telehealth and telemedicine applications for the diabetic foot: A systematic review. *Diabetes Metab Res Rev*. 2020 ; 36(3): 1-11. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7079242/pdf/DMRR-36-e3247.pdf>
4. Quinn, G. Normal genetic variation of the human foot: Part 2: Population variance, epigenetic mechanisms, and developmental constraint in function. *J Am Podiatr Med Assoc* 2012; 102(2): 149-56. Disponible en: <https://meridian.allenpress.com/japma/article-abstract/102/2/149/183312/Normal-Genetic-Variation-of-the-Human-Foot-Part?redirectedFrom=fulltext>
5. De Georgiev G. Significance of anatomical variations for clinical practice undefined. *Int J Anat Var* 2017; 10(3): 43-4. Disponible en: <https://www.pulsus.com/scholarly-articles/significance-of-anatomical-variations-for-clinical-practice.pdf>
6. Tomassoni D, Traini E, Amenta F. Gender and age-related differences in foot morphology. *Maturitas* 2014;79(4):421-7. Disponible en: [https://www.maturitas.org/article/S0378-5122\(14\)00260-6/fulltext](https://www.maturitas.org/article/S0378-5122(14)00260-6/fulltext)

7. Cooke SB, Terhune CE. Form, function, and geometric morphometrics. *Anat Rec Hoboken* 2017; (1): 5-28. DOI: <https://anatomypubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ar.23065>
8. Struck R, Cordoní S, Aliott S, Pérez-Pachón L, Gröning F. Application of Photogrammetry in Biomedical Science. In: Rea PM (eds.). *Biomedical Visualisation*, Springer International Publishing, Cham, 2019: 121-30. Disponible en: [https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-030-06070-1\\_10](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-030-06070-1_10)
9. Yadav S, Hossain MT, Shimmi S, Chaudhary B, Khan Digital Photography: An alternative for estimation of different dimensions of foot. *Pharm Biol Eval* 2015; 2: 60-3. Disponible en: [https://www.academia.edu/14049675/Digital\\_Photography\\_An\\_alternative\\_for\\_estimation\\_of\\_different\\_dimensions\\_of\\_foot](https://www.academia.edu/14049675/Digital_Photography_An_alternative_for_estimation_of_different_dimensions_of_foot)
10. O'Meara D, Vanwanseele B, Hunt A, Smith R. The reliability and validity of a three-camera foot image system for obtaining foot anthropometrics. *J Appl Biomech* 2010; 26(3): 349-56. Disponible en: [https://www.academia.edu/14049675/Digital\\_Photography\\_An\\_alternative\\_for\\_estimation\\_of\\_different\\_dimensions\\_of\\_foot](https://www.academia.edu/14049675/Digital_Photography_An_alternative_for_estimation_of_different_dimensions_of_foot)
11. Ashnagar Z, Reza Hadian M, Olyaei G, Talebian Moghadam S, Rezasoltani R, Saeedi H. Reliability of digital photography for assessing lower extremity alignment in individuals with flatfeet and normal feet types. *J Bodyw Mov Ther* 2013; 21(3): 704-10. Disponible en: [https://www.bodyworkmovementtherapies.com/article/S1360-8592\(16\)30279-0/fulltext](https://www.bodyworkmovementtherapies.com/article/S1360-8592(16)30279-0/fulltext)
12. Sacco ICN, Picon AP, Ribeiro AP, Sartor CD, Camargo-Junior F, Macedo DO: Effect of image resolution manipulation in rearfoot angle measurements obtained with photogrammetry. *Braz J Med Biol Res* 2012 ;45(9):806-10. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/bjmbr/a/Y5xkzg5tgRbPY9kNx CtN9nc/?lang=en>
13. Nix S, Russell T, Vicenzino B, Smith M. Validity and reliability of hallux valgus angle measured on digital photographs. *J Orthop Sports Phys Ther* 2012 ;42(7):642-8. Disponible en: [https://core.ac.uk/reader/10911356?utm\\_source=linkout](https://core.ac.uk/reader/10911356?utm_source=linkout)
14. Fallat LM, Buckholz J. An analysis of the tailor's bunion by radiographic and anatomical display. *J Am Podiatry Assoc* 1980; 70: 597-603. DOI: <https://doi.org/10.7547/87507315-70-12-597>
15. Wong CK, Weil R, de Boer E. Standardizing foot-type classification using arch index values. *Physiother Can* 2012; 64(3): 280-3. Disponible en:

- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3396578/pdf/ptc-64-280.pdf>
16. Alazzawi S, Sukeik M, King D, Vemulapalli K. Foot and ankle history and clinical examination: A guide to everyday practice. *World J Orthop* 2017; 8(1): 21-29. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5241541/pdf/WJO-8-21.pdf>
  17. Pohl MB, Farr LA. Comparison of foot arch measurement reliability using both digital photography and calliper methods. *Journal of Foot and Ankle Research* 2010; 3: 1-6. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2914096/>
  18. Diniz KMA, de Oliveira Mascarenhas R, Freire R, Netto Bittencourt NF, De Michelis Mendonça L. Correlation between goniometric and photogrammetric assessment of shank-forefoot alignment in athletes. *Foot* 2020 (Edinb); 45: 1-25. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foot.2020.101687>
  19. Cavanagh PR, Rodgers MM. The arch index: A useful measure from footprints. *J Biomech* 1987; 20(5): 547-51. DOI: [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(87\)90255-7](https://doi.org/10.1016/0021-9290(87)90255-7)
  20. Zhao X, Tsujimoto T, Kim B, Katayama Y, Tanaka K. Characteristics of foot morphology and their relationship to gender, age, body mass index and bilateral asymmetry in Japanese adults. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2017; 30(3): 527-35. Disponible en: <https://content.iospress.com/articles/journal-of-back-and-musculoskeletal-rehabilitation/bmr150501>
  21. Paiva de Castro A, Rubens Rebelatto JR, Rabiatti Aurichio T. The Effect of Gender on Foot Anthropometrics in Older People. *Journal of Sport Rehabilitation* 2011; 20: 277-286. Disponible en: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/jsr/20/3/article-p277.xml>
  22. Hecht PJ, Lin TJ. Hallux valgus. *Med Clin North Am* 2014; 98(2): 227-32. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2013.10.007>
  23. Bertrand T, Parekh SG. Bunionette deformity: etiology, nonsurgical management, and lateral exostectomy. *Foot Ankle Clin* 2011; 16(4): 679-88. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2011.08.003>
  24. Shirzad K, Kiesau CD, DeOrio JK, Parekh SG. Lesser toe deformities. *J Am Acad Orthop Surg* 2011; 19(8): 505-14. Disponible en: [https://journals.lww.com/jaaos/Fulltext/2011/08000/Lesser\\_Toe\\_Deformities.6.aspx](https://journals.lww.com/jaaos/Fulltext/2011/08000/Lesser_Toe_Deformities.6.aspx)

25. DiPreta JA. Metatarsalgia, lesser toe deformities, and associated disorders of the forefoot. *Med Clin North Am* 2014; 98(2): 233-51. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2013.10.003>

### Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

### Contribución de los autores

*Dante Rodríguez Alonso*: Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, supervisión, validación, visualización, redacción-borrador-original, redacción-revisión y edición, aprobación de la versión final.

*Cesar Fernández Sánchez*: investigación, validación, redacción borrador-original, redacción-revisión y edición.

*Santiago Benites Castillo*: investigación, redacción-borrador-original, redacción-revisión y edición.