



REVISTA ESPAÑOLA DE PODOLOGÍA

Publicación Oficial del Consejo General de Colegios Oficiales de Podólogos

Artículo Aceptado para su pre-publicación / Article Accepted for pre-publication

Título / Title:

Relación entre la movilidad normal del primer radio del pie y el dolor lumbar. Estudio observacional transversal. / Relationship between normal mobility of the first ray of the foot and low back pain. Cross-sectional observational study.

Autores / Authors:

Patricia Granados-Gómez, María Reina-Bueno, Mercedes Gómez-Castro, Pedro V. Munuera-Martínez

DOI: [10.20986/revesppod.2025.1744/2025](https://doi.org/10.20986/revesppod.2025.1744/2025)

Instrucciones de citación para el artículo / Citation instructions for the article:

Granados-Gómez Patricia, Reina-Bueno María, Gómez-Castro Mercedes, Munuera-Martínez Pedro V.. Relación entre la movilidad normal del primer radio del pie y el dolor lumbar. Estudio observacional transversal. / Relationship between normal mobility of the first ray of the foot and low back pain. Cross-sectional observational study.. Rev. Esp. Pod. 2025. doi: 10.20986/revesppod.2025.1744/2025.



Este es un archivo PDF de un manuscrito inédito que ha sido aceptado para su publicación en la Revista Española de Podología. Como un servicio a nuestros clientes estamos proporcionando esta primera versión del manuscrito en estado de pre-publicación. El manuscrito será sometido a la corrección de estilo final, composición y revisión de la prueba resultante antes de que se publique en su forma final. Tenga en cuenta que durante el proceso de producción se pueden dar errores lo que podría afectar el contenido final.



ORIGINAL

Artículo bilingüe español / inglés

Rev Esp Podol. 2025;xx(x):xx-xx

DOI: <http://dx.doi.org/10.20986/revespod.2025.1744/2025>

Asociación entre la movilidad del primer radio del pie y el dolor lumbar: estudio observacional transversal

*Relationship between normal mobility of the first ray of the foot and low back pain.
Cross-sectional observational study*

Patricia Granados-Gómez¹, María Reina-Bueno², Mercedes Gómez-Castro³ y Pedro V. Munuera-Martínez²

¹Patricia Granados Podología. Sevilla, España. ²Departamento de Podología. Universidad de Sevilla, España. ³Junta de Andalucía. Sevilla, España

Palabras claves:

Primer radio, pie, plantarflexión, dorsiflexión, movilidad total, dolor lumbar.

Resumen

Introducción: El objetivo del estudio fue analizar si existe una diferencia en la movilidad del primer radio del pie entre personas con y sin dolor lumbar, y si dicha movilidad pudiera estar relacionada con la presencia de lumbalgia.

Pacientes y métodos: Se realizó un estudio observacional transversal con 400 adultos entre 18 y 65 años. Se evaluó la dorsiflexión, la plantarflexión y la movilidad total del primer radio mediante un instrumento validado. Se clasificaron los pies como normales o con movilidad alterada según criterios clínicos y se registró la presencia de dolor lumbar mediante escala visual analógica.

Resultados: No se encontraron diferencias clínicamente relevantes en la movilidad del primer radio entre personas con y sin lumbalgia en general. Sin embargo, al comparar pies normales sin lumbalgia con pies con movilidad alterada y con lumbalgia, se observó una disminución significativa en la plantarflexión (media: 6.4 mm vs. 5.1 mm), lo que sugiere una posible relación entre la movilidad reducida del primer radio y el dolor lumbar.

Conclusiones: La disminución de la plantarflexión del primer radio podría estar asociada con la presencia de lumbalgia. Este hallazgo destacó la importancia de considerar la biomecánica del pie en el abordaje integral del dolor lumbar y sugirió la necesidad de futuras investigaciones para confirmar esta relación.

Keywords:

First ray, foot, plantar flexion, dorsal flexion, total mobility, low back pain.

Abstract

Introduction: The aim of this study was to analyze whether there is a difference in first ray mobility between individuals with and without low back pain, mobility could be related to the presence of low back pain.

Patients and methods: A cross-sectional observational study was conducted with 400 adults aged 18 to 65. Dorsiflexion, plantarflexion, and total mobility of the first ray were measured using a validated instrument. Feet were classified as normal or non-normal based on clinical criteria, and low back pain was assessed using a visual analog scale.

Results: No clinically relevant differences in first ray mobility were found between individuals with and without low back pain overall. However, when comparing normal feet without low back pain to with altered mobility and with low back pain, a significant reduction in plantarflexion was observed (mean: 6.4 mm vs. 5.1 mm), suggesting a possible link between reduced first ray mobility and low back pain.

Conclusions: Reduced plantarflexion of the first ray may be associated with the presence of low back pain. This finding highlighted the importance of considering foot biomechanics in the comprehensive management of lumbar pain and suggested the need for further research to confirm this relationship.

Recibido: 30-06-2025

Aceptado: 22-07-2025



0210-1238 © Los autores. 2025.
Editorial: INSPIRA NETWORK GROUP S.L.
Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC Reconocimiento 4.0 Internacional
(www.creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Correspondencia:

María Reina Bueno
mreina1@us.es

Introducción

El primer radio del pie, compuesto por el primer metatarsiano y la primera cuña, es esencial para la estabilidad del pie y el desarrollo adecuado de la marcha, especialmente en las fases de apoyo y propulsión^{1,2}. Alteraciones en su función se han vinculado a diversas patologías, como hallux valgus³, hallux limitus, hallux rigidus⁴, o dolor lumbar⁵.

Las articulaciones involucradas en el movimiento del primer radio son la primera articulación cuneo-metatarsiana y la articulación cuneo-escafoidea medial. Su movimiento se da en un eje común⁶, que se dirige desde posterior-medial-dorsal hacia anterior-lateral-plantar, con una angulación de 45° con respecto al plano frontal y sagital, y con una leve angulación con respecto al plano transversal. Al ser insignificante el movimiento en el plano transversal, se consideran relevantes los movimientos que se dan en el plano sagital y en el plano frontal, realizando así dorsiflexión-inversión y plantarflexión-eversión¹.

Algunas alteraciones biomecánicas del pie, como la limitación de la movilidad de la primera articulación metatarsofalángica, pueden producir compensaciones ascendentes que afectan a la postura y a la dinámica de la marcha. Estas compensaciones podrían contribuir al desarrollo de molestias en la región lumbar, especialmente por el sobreuso de grupos musculares como el psoas-ilíaco⁵. Sin embargo, a pesar de su plausibilidad biomecánica y de la observación clínica frecuente de esta asociación, no se han identificado estudios que analicen específicamente la relación entre la movilidad del primer radio y la presencia de dolor lumbar en la población adulta.

Comprender cómo la biomecánica del pie influye en patologías cercanas, como el dolor lumbar, es clave para un tratamiento integral del dolor musculoesquelético. La movilidad del primer radio afecta la marcha y, si está limitada, puede alterar el movimiento de la cadera y la columna. Estudiar esta relación podría mejorar el diagnóstico y permitir terapias centradas en el pie. La falta de estudios previos justifica esta investigación.

En 2020, Munuera-Martínez y cols.⁷ validaron un nuevo medidor de la movilidad del primer radio que presentaba las ventajas de ser ligero, portátil, sencillo y aplicable en la práctica clínica diaria. A pesar de ser un instrumento válido y fiable que ya se ha empleado en estudios previos^{7,8}, aún no se conocen estudios que hayan relacionado la movilidad del primer radio evaluada con este medidor con la presencia de dolor lumbar. Por tanto, el presente estudio se realizó con el objetivo de comprobar si el movimiento del primer radio, medido con este instrumento, era diferente entre personas con y sin lumbalgia.

Pacientes y métodos

Participantes

Se ha realizado un estudio observacional transversal. Las mediciones se llevaron a cabo entre los meses de noviembre de 2020 y junio de 2023. La población objeto de estudio han sido hombres y mujeres mayores de 18 años y menores de 65, que acudieron al Área Clínica de Podología de la Universidad de Sevilla y otras clínicas privadas de la ciudad de Sevilla.

Los criterios de inclusión fueron adultos sanos hombres y mujeres mayores de 18 años y menores de 65 años. Para poder comparar la movilidad del primer radio entre personas con y sin dolor lumbar, se incluyeron participantes sin patología ni dolor lumbar, y participantes con dolor lumbar inespecífico, no relacionado con el diagnóstico de patologías concretas a ese nivel. Se excluyeron personas intervenidas quirúrgicamente del primer radio, personas que habían sufrido fracturas en los pies o extremidades inferiores, personas con alguna enfermedad sistémica con repercusión en la morfología del pie (como, por ejemplo, artritis reumatoide, pie de Charcot, etc.) y personas con demencia, dificultad de expresión y dificultad de movilidad.

Procedimiento

Para cada participante se cumplimentó una hoja con datos sociodemográficos y antecedentes de salud. Se llevó a cabo una exploración del pie en la que se cuantificó la flexión dorsal de la primera articulación metatarsofalángica, la flexión dorsal del tobillo y la dorsiflexión (DF), plantarflexión (PF) y movilidad total del primer radio. Todas esas mediciones fueron realizadas por la misma persona, con más de 7 años de experiencia en exploración del pie.

Se midió el *Foot Posture Index*, que posteriormente se utilizó para clasificar los pies en neutros, pronados y supinados⁹. Se consideraron pies normales aquellos que, además de cumplir los criterios de normalidad descritos por Kirby¹⁰, presentasen flexión dorsal de la primera articulación metatarsofalángica mayor a 50°, y una puntuación de *Foot Posture Index* comprendida entre +1 y +5 (neutros).

Se cumplimentó la escala visual analógica para lumbalgia^{11,12}.

Las mediciones del primer radio se cuantificaron con el Medidor de Primer Radio® (Fresco Podología SL, Barcelona, España), instrumento válido y fiable que ha sido utilizado previamente en otros estudios (Figura 1)^{7,8,13}. Para esta medición, una mano se mantuvo la rama horizontal sobre las cabezas del 2º, 3º, 4º y 5º metatarsiano y la otra mano sujetó la rama horizontal de la otra parte contra la cabeza del primer metatarsiano. Partiendo de esta posición, se movió hacia arriba la cabeza del primer metatarsiano junto con la rama horizontal para comprobar cuántos milímetros de DF marca en la rama vertical y lo mismo hacia abajo para calcular la PF (Figuras 2, 3 y 4)^{7,8}. Esta medición se hizo 3 veces en cada pie para usar la media de ellas en el análisis estadístico.

Análisis de los datos

Para el cálculo del tamaño muestral se ha aplicado la fórmula del muestreo aleatorio simple para la estimación de la media para poblaciones infinitas partiendo de un error relativo de muestreo (o coeficiente de variación) del 5 % y un intervalo de confianza del 95 %, utilizando como estimadores los estadísticos de una muestra piloto realizada sobre 20 individuos. El resultado fue de 393 participante y finalmente de incluyeron 400 sujetos, para contemplar posibles pérdidas durante el tratamiento de los datos.

Para el análisis descriptivo se han calculado la frecuencia absoluta (N), frecuencia relativa (%), los valores medios, la desviación estándar (DE) y los percentiles 25, 50 y 75 (rango intercuartílico).

Para evaluar la fiabilidad intraobservador, en un subconjunto de 40 pies (20 derechos y 20 izquierdos) seleccionados al azar, se midieron



Figura 1. Medidor del primer radio.



Figura 2. Colocación del primer radio en posición neutra con el medidor.



Figura 3. Cuantificación de la dorsiflexión del primer radio con el medidor.



Figura 4. Cuantificación de la plantarflexión del primer radio con el medidor.

las variables de DF y PF 2 veces por el mismo investigador, con una separación de 15 días entre ambas mediciones. El grado de concordancia se analizó mediante el coeficiente de correlación intraclase (CCI), de 2 factores y modelos mixtos.

Para las variables cuantitativas se han realizado las pruebas de normalidad con el estadístico Kolmogorov-Smirnov. Para conocer si existían diferencias por grupos, se ha aplicado la prueba T para muestras independientes si las variables cumplían normalidad, o la prueba de U de Mann-Whitney si no seguían una distribución normal. Se calculó el tamaño del efecto con la d de Cohen o la r de Rosenthal, considerándose < 0.2 sin efecto, $0.2-0.5$, efecto pequeño, $0.5-0.8$, efecto medio y ≥ 0.8 , efecto grande.

Se ha realizado un análisis de conglomerados bietápico utilizando la medida de silueta de la cohesión y separación, para conocer si las agrupaciones eran buenas, suficientes o pobres.

El análisis estadístico se ha llevado a cabo utilizando el paquete estadístico IBM SPSS Statistics 27.

Resultados

En este estudio participaron 400 sujetos, 331 fueron mujeres y 69 hombres. La edad media fue de 42.2 ± 1.1 años. El índice de masa corporal medio de la población de estudio fue de 24.7 ± 4.4 kg/m². Los resultados del CCI mostraron excelente repetibilidad en todas las variables de movilidad del primer radio (DF pie derecho CCI = 0.979, PF pie derecho CCI = 0.931, DF pie izquierdo CCI = 0.998, PF pie izquierdo CCI = 0.973).

Debido a que una misma persona puede presentar un pie normal y otro no, se contabilizaron pies en vez de personas para el análisis de la movilidad del primer radio. De los 800 pies de muestra, 227 eran pies normales y 573 con movilidad alterada. En la Tabla I se muestran los resultados descriptivos de las variables medidas. Hubo 188 personas que presentaron dolor lumbar (47 %), siendo el valor medio observado de la escala visual analógica de 4.2 ± 3.1 mm (mediana = 5; rango intercuartílico = 1.0 – 7.0). Según los valores del *Foot Posture Index*

Tabla I. Análisis descriptivo de variables pie normal y pie con movilidad alterada.

	Pie normal			
	Sí N = 227 (28.4 %)		No N = 573 (71.6 %)	
	N	%	N	%
Género				
Hombre	62	27.3	76	13.3
Mujer	165	72.7	497	86.7
Edad				
18-29	45	19.8	75	13.1
30-39	68	30.0	134	23.4
40-49	68	30.0	192	33.5
50-59	37	16.3	141	24.6
> 59	9	4.0	31	5.4
Grupo IMC				
< 18.5	7	3.1	9	1.6
18.5-24.9	110	48.5	356	62.1
25.0-29.9	82	36.1	150	26.2
≥ 30	28	12.3	58	10.1

IMC: índice de masa corporal.

para el pie derecho, 333 fueron neutros, 42 pronados y 25 supinados, y para el pie izquierdo 332 fueron neutros, 43 pronados y 25 supinados. La extensión metatarsofalángica observada en el pie derecho fue de $60 \pm 8.4^\circ$, y en el pie izquierdo $63 \pm 9.3^\circ$.

En la Tabla II podemos observar la diferencia de las variables relativas a la movilidad del primer radio en pies normales y con movilidad alterada.

Para el cálculo del rango de valores de DF, PF y MT en pies normales, se ha utilizado un análisis de conglomerados bietápico, que permite definir cuáles serían esos valores en el grupo pie normal y pie no normal. En la DF, el rango de valores fue de 6-7 mm tanto en pies normales como en pies con movilidad alterada. Sin embargo, la PF en los pies normales el rango de valores fue de 6-7 mm, y en los pies con movilidad alterada fue de 4-6 mm. Como se muestra en la Tabla III, no se observaron diferencias significativas en la movilidad del primer radio entre personas con y sin lumbalgia. Aunque la DF fue ligeramente menor en personas sin lumbalgia, las medianas fueron iguales y el tamaño del efecto fue muy pequeño, por lo que esta diferencia no se podría considerar clínicamente importante.

Sin embargo, una vez que se aplicó el filtro de contabilizar solo a las personas sin lumbalgia que tuvieran pies normales, y comparar la movilidad del primer radio con las personas con lumbalgia y pies con movilidad alterada, se pudo observar que la PF fue la variable que presentó el tamaño del efecto más elevado, aunque sin llegar a ser grande. Esta variable fue menor en los casos de lumbalgia (Tabla IV).

Tabla II. Movilidad del primer radio en pies normales y con movilidad alterada.

		Media	Intervalo de confianza (IC 95 %)	Desviación estándar	Mediana	Rango intercuartílico	Valor de p ^a	Tamaño del efecto ^b
Dorsalflexión	Pie normal	6.6	6.2-6.8	1.1	7	6-7	0.079	
	Pie con movilidad alterada	6.7	6.3-6.9	1.1	7	6-7		
Plantarflexión	Pie normal	6.5	6.1-6.8	1.0	6	6-7	< 0.001	0.459
	Pie con movilidad alterada	5.1	4.8-5.5	1.3	5	4-6		
Movimiento total	Pie normal	13.0	12.7-13.1	1.9	13	12-14	< 0.001	0.274
	Pie con movilidad alterada	11.8	11.4-13	1.9	12	11-13		

^aPrueba U de Mann-Whitney para muestras independientes.^br de Rosenthal.**Tabla III. Movilidad del primer radio en personas con y sin lumbalgia.**

		N	Media	Intervalo de confianza (IC 95 %)	Desviación estándar	Mediana	Rango intercuartílico	p ^a	Tamaño del efecto ^b
Dorsalflexión	Lumbalgia	376	6.8	6.4-7	1.1	7	6-7	0.018	0.083
	Sin lumbalgia	424	6.6	6.3-6.9	1.1	7	6-7		
Plantarflexión	Lumbalgia	376	5.5	5.2-5.9	1.4	5	4-6	0.693	
	Sin lumbalgia	424	5.5	5-5.8	1.4	6	4-6		
Movimiento total	Lumbalgia	376	12.2	12-12.5	2.0	12	11-13	0.207	
	Sin lumbalgia	424	12.1	11.9-12.3	2.0	12	11-13		

^aPrueba U de Mann-Whitney para muestras independientes.^br de Rosenthal.

Tabla IV. Movilidad del primer radio en pies normales de personas sin lumbalgia y en pies con movilidad alterada de personas con lumbalgia.

		N	Media	Intervalo de confianza (IC 95 %)	Desviación estándar	Mediana	Rango intercuartílico	Valor p ^a	Tamaño del efecto ^b
Dorsalflexión	Pie normal sin lumbalgia	141	6.5	6.2-6.7	1.2	6	6-7	0.008	0.127
	Pie con movilidad alterada con lumbalgia	290	6.8	6.5-7	1.1	7	6-7		
Plantarflexión	Pie normal sin lumbalgia	141	6.4	6-6.8	1.0	6	6-7	< 0.001	0.448
	Pie con movilidad alterada con lumbalgia	290	5.1	4.8-5.3	1.3	5	4-6		
Movimiento total	Pie normal sin lumbalgia	141	12.9	12.5-13.2	1.9	13	12-14	< 0.001	0.221
	Pie con movilidad alterada con lumbalgia	290	11.9	11.4-12.1	1.9	12	11-13		

^aPrueba U de Mann-Whitney para muestras independientes.^br de Rosenthal.

Es decir, aunque las diferencias fueron estadísticamente significativas, clínicamente deben ser interpretadas con cautela.

Discusión

El objetivo de este estudio fue comprobar si el movimiento del primer radio, medido con el medidor descrito por Munuera-Martínez y cols.⁷, era diferente entre personas con y sin lumbalgia. En nuestro estudio hemos observado que la PF disminuyó en los casos de lumbalgia.

A lo largo de los años numerosas investigaciones han establecido la relación funcional entre 2 áreas corporales anatómicamente distantes como son el pie y la región lumbar. En sentido ascendente, una alteración en el apoyo del pie puede favorecer el dolor lumbar inespecífico. El dolor en la región lumbar es un problema muy frecuente en la población general que se estima que afecta hasta a un 80 % de las personas en algún momento de su vida^{14,15}. La influencia que el pie tiene en esta patología se asocia a los cambios funcionales que determinadas alteraciones podales favorecen en el sistema musculoesquelético lumbo-pélvico.

Una disfunción en el pie puede alterar la biomecánica de la pelvis, afectando también la columna lumbar^{16,17}. La pronación anormal del retropié altera el apoyo del pie durante la marcha, generando cambios en la posición y movilidad de la pelvis, lo que incrementa el riesgo de desarrollar patologías lumbares¹⁸⁻²². Los efectos de la pronación anormal del pie tienen relación con el aumento de la inclinación anterior y lateral de la pelvis^{23,24}, con la inclinación lateral y rotación axial del tórax en aquellos casos de hiperpronación unilateral²⁵, con alteraciones en el funcionamiento de la musculatura lumbo-pélvica²⁶⁻²⁸, o con aumento de la lordosis lumbar y cifosis dorsal²⁹. Estudios recientes también han demostrado que el pie plano, una condición que lleva asociada pronación anormal del pie, es un factor

de riesgo independiente de la enfermedad degenerativa lumbar³⁰, incluida la hernia de disco intervertebral en esta región³¹.

Una disfunción biomecánica del pie, como puede ser la limitación de la movilidad del primer radio, puede cambiar la forma de caminar de una persona, causándole modificaciones en todo el cuerpo, alterando incluso su posición fisiológica corporal, ya que esta articulación es el pivote sobre el cual avanza todo el cuerpo durante la fase propulsora de la marcha. Si existe esta limitación o disminución del movimiento, al repetirse esta situación miles de veces en el día durante mucho tiempo puede alterar toda la biomecánica del cuerpo y del pie. Si este movimiento del primer radio se ve afectado, entonces la energía cinética creada para este movimiento debe disiparse de otra forma, creándose un patrón específico de compensaciones. Entre los cambios posturales y dolencias que puede provocar, se encuentra el dolor lumbar o lumbalgia. Según Dananberg en 1993^{5,32}, la limitación del movimiento de DF o PF del primer radio impide el desarrollo completo de la fase de propulsión del pie en la marcha. El cuerpo, para compensar esto, necesitará una mayor flexión dorsal del pie y una mayor flexión de rodilla y de cadera. De esta forma se obtiene un acortamiento del paso desencadenándose un desequilibrio entre flexores y extensores de la cadera. Para compensar este desequilibrio, actuarán los músculos de la región lumbar como son el cuadrado lumbar y el psoas ilíaco aumentando la rotación de la pelvis pudiendo dar lugar a lumbalgia. En nuestro estudio se observó que existe una relación entre los pacientes que presentan una disminución de la PF del primer radio y los pacientes con lumbalgia.

O'Leary y cols.²² en su revisión sistemática de 2013 indican que las alteraciones biomecánicas pueden ser la causa del dolor lumbar crónico. Se relacionó el pie plano, la inestabilidad del tobillo, el bloqueo del plano sagital y la pronación excesiva con el dolor lumbar. Barwick y cols.³³ también realizaron una revisión a la literatura, la cual sugiere que la disfunción de la musculatura del complejo

lumbo-pélvico-cadera está involucrada en modificaciones de la funcionalidad de las extremidades inferiores y está altamente relacionada con el desarrollo de algunas patologías tradicionalmente atribuidas a la pronación excesiva del pie durante la marcha.

Por otro lado, Kendall y cols.³⁴ afirmaron que la relación entre el dolor lumbar y el comportamiento del pie, en concreto la pronación excesiva, no está bien documentada como para afirmarla. Sin embargo, Yazdani y cols.¹⁷ en 2018 concluyeron que las fuerzas de reacción del suelo y los impulsos en diferentes zonas del pie se ven afectados por el dolor lumbar.

Anukoolkarn y cols.³⁵ en 2015 quisieron examinar los patrones de distribución de la presión plantar durante la fase de postura media de la marcha en sujetos con dolor lumbar crónico y sujetos sin dolor lumbar. Participaron 40 sujetos con dolor lumbar crónico y 40 asintomáticos. Observaron que los patrones de distribución de la presión máxima media promedio no fueron los mismos en pacientes con dolor lumbar crónico y en sujetos asintomáticos, por lo que las presiones sobre la superficie plantar se distribuyeron de manera desigual en sujetos con dolor lumbar crónico en la fase de postura media de la marcha. Lee y cols.³⁶ en 2011 realizaron un estudio para investigar los cambios de la distribución de la presión plantar durante la marcha en 30 personas con lumbalgia y 30 sin lumbalgia. Los pacientes con lumbalgia caminaron con un desplazamiento anteroposterior más corto del centro de presiones, que puede ser debido a una acción compensatoria para evitar el dolor. Las distribuciones de presión del pie en los sujetos con lumbalgia proporcionaron evidencia de alteraciones del patrón de marcha. Aunque estos estudios no tratan específicamente de la relación entre la movilidad del primer radio y el dolor lumbar, sí que hay relación entre la movilidad del primer radio y la distribución de las presiones plantares, por lo que se podría pensar que entre la movilidad del primer radio y el dolor lumbar existe cierta conexión.

Como hemos observado en nuestro estudio, las personas con dolor lumbar mostraron menos PF del primer radio. La PF del primer radio es esencial para el normal desarrollo de la fase propulsiva de la marcha. De no darse este movimiento con normalidad, el pie puede compensar realizando un movimiento de pronación tardía para favorecer el contacto de la cabeza del primer metatarsiano con el suelo³⁷. El dolor lumbar ha sido relacionado en múltiples ocasiones con una pronación excesiva en la marcha. En el ciclo de la marcha, la pronación excesiva del pie produce alineaciones alteradas de la tibia, el fémur, la pelvis y la columna lumbar, provocando el dolor en dicha zona. El movimiento de pronación excesivo en un pie provoca una rotación interna del maléolo medial, forzando también a la rotación interna del fémur y de la tibia. Esto induce a una inclinación pélvica ipsilateral, provocando durante la marcha una rotación de las vértebras lumbares. Esto da lugar a una alteración de la cinética corporal y puede provocar lumbalgia. Al estar la pronación anormal relacionada con una alteración de la movilidad del primer radio, esta alteración estaría también relacionada con dolor lumbar. Además, la debilidad de los músculos posturales en la parte baja de la espalda y el dolor lumbar también se han relacionado con un rango de movimiento limitado del tobillo. Esto hace que sea complicado determinar si las anomalías del pie son la causa o las consecuencias del dolor lumbar. Lo que sí podemos concluir es que las condiciones biomecánicas anormales de las extremidades inferiores están relacionadas con el dolor lumbar funcional y mecánico^{28,38-41}.

El presente estudio aporta evidencia sobre la posible asociación entre la movilidad del primer radio del pie y la presencia de dolor lumbar, destacando una disminución significativa de la PF en sujetos con lumbalgia y pies con movilidad alterada. Este hallazgo refuerza la hipótesis de que las alteraciones biomecánicas del pie pueden tener un impacto ascendente en la postura y la funcionalidad del raquis lumbar. Como fortalezas del estudio, destacamos la utilización de una metodología de medición validada, tamaño muestral adecuado y análisis estadístico detallado.

Este estudio también presenta algunas limitaciones, como la restricción geográfica de la muestra y la exclusión de menores de 18 años, lo que dificulta la generalización de los resultados. La muestra incluyó una mayoría de mujeres (82.75 %), lo que podría influir en los resultados y limitar su generalización a la población masculina. El diseño de tipo observacional transversal lo que no permite es establecer relaciones causales entre la movilidad del primer radio y la lumbalgia. No se tuvieron en cuenta variables como el índice de masa corporal, el nivel de actividad física, la presencia de alteraciones en otras articulaciones o el sedentarismo, todos ellos potencialmente influyentes tanto en la movilidad del pie como en el dolor lumbar.

Teniendo en cuenta la relación entre la disminución de la PF del primer radio y la presencia de lumbalgia, la práctica clínica debería incorporar de forma sistemática la evaluación biomecánica del pie, y en particular del primer radio, en pacientes con dolor lumbar inespecífico. Esta valoración permitiría identificar posibles alteraciones distales que contribuyen al dolor lumbar, facilitando un enfoque terapéutico más integral.

Como futuras líneas de investigación en este campo, se plantean el desarrollo de estudios longitudinales que permitan establecer relaciones causales entre la movilidad del primer radio y la evolución del dolor lumbar. También el diseño de ensayos clínicos que evalúen el efecto de ortesis plantares personalizadas sobre el dolor lumbar.

En conclusión, la disminución de la PF del primer radio podría estar asociada con la presencia de lumbalgia. Este estudio nos sugiere que debemos estudiar más el movimiento de PF puesto que su disminución es significativa y puede estar relacionada con la lumbalgia.

Declaración ética

Todos los participantes entregaron su consentimiento por escrito una vez fueron informados de las características del estudio y aceptaron participar voluntariamente. El estudio fue evaluado por el Comité de Ética de la Investigación de la Universidad de Sevilla, y obtuvo dictamen favorable (código interno 2244- N-19). Se realizó siguiendo los criterios de la declaración de Helsinki.

Conflicto de intereses

Ninguno.

Fuentes de financiación

Ninguna.

Contribución de los autores

Concepción y diseño del estudio: MRB, PVMM. Recogida de datos: PGG, MGC, PVMM. Análisis e interpretación de los resultados: PGG, MRB, MGC. Creación, redacción y preparación del boceto inicial: PGG, MRB, MGC, PVMM. Revisión final: PGG, MRB, MGC, PVMM.

Bibliografía

- Távora-Vidalón SP, Monge-Vela MÁ, Lafuente-Sotillos G, Domínguez-Maldonado G, Munuera-Martínez PV. Static range of motion of the first metatarsal in the sagittal and frontal planes. *J Clin Med*. 2018;7(456):1-12. DOI: 10.3390/jcm7110456.
- Glasoe W, Yack H, Saltzman C. Anatomy and biomechanics of the first ray. *Phys Ther*. 1999;79(9):854-9. DOI: 10.1093/ptj/79.9.854.
- Jahss MH. Disorders of the hallux and the first ray. 2nd ed. Vol. 12. Philadelphia: Wickland E; 1991.
- Prats B, Alcorisi O, Verdaguer J, Vázquez F, Vergés C, Vila R. Alteraciones del primer radio en el plano sagital. *Rev Esp Podol*. 2004;15(5):240-3.
- Dananberg HJ. Gait style as an etiology to chronic postural pain. Part II. Postural compensatory process. *J Am Podiatr Med Assoc*. 1993;83(11):615-24. DOI: 10.7547/87507315-83-11-615.
- Hicks JH. The mechanics of the foot. I. The joints. *J Anat*. 1953;87(4):345-57.
- Munuera-Martínez PV, Távora-Vidalón P, Monge-Vela MÁ, Sáez-Díaz A, Lafuente-Sotillos G. The validity and reliability of a new simple instrument for the measurement of first ray mobility. *Sensors*. 2020;20(8):1-16. DOI: 10.3390/s20082207.
- Távora Vidalón P, Lafuente Sotillos G, Munuera-Martínez PV. Movimiento del primer dedo en sujetos con hallux limitus vs. sujetos con pies normales. *Rev Esp Podol*. 2021;32(2):116-22.
- Redmond AC, Crane YZ, Menz HB. Normative values for the Foot Posture Index. *J Foot Ankle Res*. 2008;1(1):6. DOI: 10.1186/1757-1146-1-6.
- Kirby KA. Biomechanics of the normal and abnormal foot. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2000;90(1):30-4. DOI: 10.7547/87507315-90-1-30.
- Vicente Herrero MT, Delgado Bueno S, Bandrés Moyá F, Ramírez Iñiguez de la Torre MV, Capdevila García L. Valoración del dolor. Revisión comparativa de escalas y cuestionarios. *Rev Soc Esp Dolor*. 2018;25(4):228-36. DOI: 10.20986/resed.2018.3632/2017. DOI: 10.20986/resed.2018.3632/2017.
- Henández-Vio JJ. Efectividad de la terapia de tracción mecánica en la reducción del dolor lumbar en pacientes con hernia de disco: una revisión sistemática y metaanálisis. *Rev Cienc Salud Integrando Conoc*. 2024;8(2):67-79.
- Díaz Álvarez MS, Montañó Jiménez P, Munuera-Martínez PV. Influencia del tratamiento quirúrgico para el hallux abductus valgus en la movilidad del primer radio. *Rev Esp Podol*. 2023;34(1):13-8. DOI: 10.20986/revespod.2023.1650/2022.
- López de Celis C, Barra López ME, Villar Mateo E. Correlación entre dolor, discapacidad y rango de movilidad en pacientes con lumbalgia crónica. *Fisioterapia*. 2009;31(5):177-82. DOI: 10.1016/j.ft.2008.10.005.
- Deyo RA, Weinstein JN. Low back pain. *N Engl J Med*. 2001;344(5):363-70. DOI: 10.1056/NEJM200102013440508.
- Poussa MS, Heliövaara MM, Seitsamo JT, Kõnönen MH, Hurmerinta KA, Nissinen MJ. Development of spinal posture in a cohort of children from the age of 11 to 22 years. *Eur Spine J*. 2005;14(8):738-42. DOI: 10.1007/s00586-004-0701-9.
- Yazdani F, Razeghi M, Karimi MT, Raeisi Shahraki H, Salimi Bani M. The influence of foot hyperpronation on pelvic biomechanics during stance phase of the gait: A biomechanical simulation study. *Proc Inst Mech Eng [H]*. 2018;232(7):708-17. DOI: 10.1177/0954411918778077.
- Cambron JA, Duarte M, Dexheimer J, Solecki T. Shoe orthotics for the treatment of chronic low back pain: A randomized controlled pilot study. *J Manipulative Physiol Ther*. 2011;34(4):254-60. DOI: 10.1016/j.jmpt.2011.04.004.
- Hornestam JF, Arantes PMM, Souza TR, Resende RA, Aquino CF, Fonseca ST, et al. Foot pronation affects pelvic motion during the loading response phase of gait. *Braz J Phys Ther*. 2021;25(6):727-34. DOI: 10.1016/j.bjpt.2021.04.005.
- Khamis S, Yizhar Z. Effect of feet hyperpronation on pelvic alignment in a standing position. *Gait Posture*. 2007;25(1):127-34. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2006.02.005.
- Khamis S, Dar G, Peretz C, Yizhar Z. The Relationship between Foot and Pelvic Alignment while Standing. *J Hum Kinet*. 2015;46(1):85-97. DOI: 10.1515/hukin-2015-0037.
- O'Leary CB, Cahill CR, Robinson AW, Barnes MJ, Hong J. A systematic review: The effects of podiatric deviations on nonspecific chronic low back pain. *J Back Musculoskeletal Rehabil*. 2013;26(2):117-23. DOI: 10.3233/BMR-130367.
- Resende RA, Deluzio KJ, Kirkwood RN, Hassan EA, Fonseca ST. Increased unilateral foot pronation affects lower limbs and pelvic biomechanics during walking. *Gait Posture*. 2015;41(2):395-401. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2014.10.025.
- Pinto RZA, Souza TR, Trede RG, Kirkwood RN, Figueiredo EM, Fonseca ST. Bilateral and unilateral increases in calcaneal eversion affect pelvic alignment in standing position. *Man Thor*. 2008;13(6):513-9. DOI: 10.1016/j.math.2007.06.004.
- Tateuchi H, Wada O, Ichihashi N. Effects of calcaneal eversion on three-dimensional kinematics of the hip, pelvis and thorax in unilateral weight bearing. *Hum Mov Sci*. 2011;30(3):566-73. DOI: 10.1016/j.humov.2010.11.011.
- Yazdani F, Razeghi M, Karimi MT, Salimi Bani M, Bahreinizad H. Foot hyperpronation alters lumbopelvic muscle function during the stance phase of gait. *Gait Posture*. 2019;74:102-7. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2019.08.022.
- Kararti C, Bilgin S, Dadali Y, Büyükturan B, Büyükturan Ö, Bek N. Are biomechanical features of the foot and ankle related to lumbopelvic motor control? *J Am Podiatr Med Assoc*. 2021;111(3):3-5. DOI: 10.7547/18-065.
- Bird AR, Bendrup AP, Payne CB. The effect of foot wedging on electromyographic activity in the erector spinae and gluteus medius muscles during walking. *Gait Posture*. 2003;18(2):81-91. DOI: 10.1016/S0966-6362(02)00199-6.
- Farokhmanesh K, Shirzadian T, Mahboubi M, Shahri MN eyakan. Effect of foot hyperpronation on lumbar lordosis and thoracic kyphosis in standing position using 3-dimensional ultrasound-based motion analysis system. *Glob J Health Sci*. 2014;6(5):254-60. DOI: 10.5539/gjhs.v6n5p254.
- Chou MC, Huang JY, Hung YM, Perng WT, Chang R, Wei JCC. Flat foot and spinal degeneration: Evidence from nationwide population-based cohort study. *J Formos Med Assoc*. 2021;120(10):1897-906. DOI: 10.1016/j.jfma.2020.12.019.
- Ali HM. Relationship between lumbar herniated disc with flat feet. *Syst Rev Pharm*. 2020;11(11):1804-6.
- Dananberg HJ. Gait style as an etiology to chronic postural pain. Part I. Functional hallux limitus. *J Am Podiatr Med Assoc*. 1993;83(8):433-41. DOI: 10.7547/87507315-83-8-433.
- Barwick A, Smith J, Chuter V. The relationship between foot motion and lumbopelvic-hip function: A review of the literature. *Foot*. 2012;22(3):224-31. DOI: 10.1016/j.foot.2012.03.006.
- Kendall JC, Bird AR, Azari MF. Foot posture, leg length discrepancy and low back pain--their relationship and clinical management using foot orthoses--an overview. *Foot Edinb Scotl*. 2014;24(2):75-80. DOI: 10.1016/j.foot.2014.03.004.
- Anukoolkarn K, Vongsirinavarat M, Bovonsunthonchai S, Vachalathiti R. Plantar pressure distribution pattern during mid-stance phase of the gait in patients with chronic non-specific low back pain. *J Med Assoc Thai Chot-maihet Thangphaet*. 2015;98(9):896-901.
- Lee JH, Fell DW, Kim K. Plantar pressure distribution during walking: Comparison of subjects with and without chronic low back pain. *J Phys Ther Sci*. 2011;23(6):923-6. DOI: 10.1589/jpts.23.923.
- Lafuente Sotillos G, González Úbeda R, Munuera Martínez PV. El hallux limitus. En: *El primer radio. Biomecánica y ortopodología*. 1ª ed. Santander: Exa Editores; 2012. p. 179-204.
- Farahpour N, Jafarnejhad A, Damavandi M, Bakhtiari A, Allard P. Gait ground reaction force characteristics of low back pain patients with pronated foot and able-bodied individuals with and without foot pronation. *J Biomech*. 2016;49(9):1705-10. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2016.03.056.
- Castro-Méndez A, Palomo-Toucedo IC, Pabón-Carrasco M, Ramos-Ortega J, Díaz-Mancha JA, Fernández-Seguín LM. Custom-made foot orthoses as non-specific chronic low back pain and pronated foot treatment. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(13):6816. DOI: 10.3390/ijerph18136816.
- Koch C, Hänsel F. Chronic non-specific low back pain and motor control during gait. *Front Psychol*. 2018;9:2236. DOI: 10.3389/fpsyg.2018.02236.
- Müller R, Ertelt T, Blickhan R. Low back pain affects trunk as well as lower limb movements during walking and running. *J Biomech*. 2015;48(6):1009-14. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2015.01.042.



ORIGINAL

Bilingual article English/Spanish

Rev Esp Podol. 2025;xx(x):xx-xx

DOI: <http://dx.doi.org/10.20986/revesspod.2025.1744/2025>

Relationship between normal mobility of the first ray of the foot and low back pain. Cross-sectional observational study

Asociación entre la movilidad del primer radio del pie y el dolor lumbar: estudio observacional transversal

Patricia Granados-Gómez¹, Maria Reina-Bueno², Mercedes Gómez-Castro³, and Pedro V. Munuera-Martínez²

¹Patricia Granados Podología. Sevilla, Spain, ²Departamento de Podología. Universidad de Sevilla, España. ³Junta de Andalucía. Sevilla, Spain

Keywords:

First ray, foot, plantar flexion, dorsal flexion, total mobility, low back pain.

Abstract

Introduction: The aim of this study was to analyze whether there is a difference in first ray mobility between individuals with and without low back pain, mobility could be related to the presence of low back pain.

Patients and methods: A cross-sectional observational study was conducted with 400 adults aged 18 to 65. Dorsiflexion, plantarflexion, and total mobility of the first ray were measured using a validated instrument. Feet were classified as normal or non-normal based on clinical criteria, and low back pain was assessed using a visual analog scale.

Results: No clinically relevant differences in first ray mobility were found between individuals with and without low back pain overall. However, when comparing normal feet without low back pain to with altered mobility and with low back pain, a significant reduction in plantarflexion was observed (mean: 6,4 mm vs. 5,1 mm), suggesting a possible link between reduced first ray mobility and low back pain.

Conclusions: Reduced plantarflexion of the first ray may be associated with the presence of low back pain. This finding highlighted the importance of considering foot biomechanics in the comprehensive management of lumbar pain and suggested the need for further research to confirm this relationship.

Palabras clave:

Primer radio, pie, plantarflexión, dorsiflexión, movilidad total, dolor lumbar.

Resumen

Introducción: El objetivo del estudio fue analizar si existe una diferencia en la movilidad del primer radio del pie entre personas con y sin dolor lumbar, y si dicha movilidad pudiera estar relacionada con la presencia de lumbalgia.

Pacientes y métodos: Se realizó un estudio observacional transversal con 400 adultos entre 18 y 65 años. Se evaluó la dorsiflexión, la plantarflexión y la movilidad total del primer radio mediante un instrumento validado. Se clasificaron los pies como normales o con movilidad alterada según criterios clínicos y se registró la presencia de dolor lumbar mediante escala visual analógica.

Resultados: No se encontraron diferencias clínicamente relevantes en la movilidad del primer radio entre personas con y sin lumbalgia en general. Sin embargo, al comparar pies normales sin lumbalgia con pies con movilidad alterada y con lumbalgia, se observó una disminución significativa en la plantarflexión (media: 6.4 mm vs. 5.1 mm), lo que sugiere una posible relación entre la movilidad reducida del primer radio y el dolor lumbar.

Conclusiones: La disminución de la plantarflexión del primer radio podría estar asociada con la presencia de lumbalgia. Este hallazgo destacó la importancia de considerar la biomecánica del pie en el abordaje integral del dolor lumbar y sugirió la necesidad de futuras investigaciones para confirmar esta relación.

Received: 30-06-2025

Accepted: 22-07-2025



0210-1238 © The Authors. 2025.
Editorial: INSPIRA NETWORK GROUP S.L.
This is an Open Access paper under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
(www.creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Corresponding author:

Maria Reina Bueno
mreina1@us.es

Introduction

The first ray of the foot—comprising the first metatarsal and the medial cuneiform—is essential for foot stability and normal gait development, especially during stance and propulsion^{1,2}. Dysfunction has been linked to hallux valgus (HV)³, hallux limitus (HL), hallux rigidus (HR)⁴ and even low back pain⁵.

The joints involved in first-ray motion are the first cuneometatarsal joint and the medial cuneonavicular joint. Their motion occurs about a common axis⁶ directed from posterior–medial–dorsal to anterior–lateral–plantar, angled ~45° to the frontal and sagittal planes and slightly to the transverse plane. Because transverse-plane motion is negligible, sagittal- and frontal-plane movements are most relevant, producing dorsiflexion–inversion and plantarflexion–eversion¹.

Certain foot biomechanical alterations, such as limited motion of the first metatarsophalangeal joint, can produce proximal compensations that affect posture and gait dynamics. These compensations may contribute to lumbar discomfort, in part through overuse of muscle groups such as the iliopsoas⁵. Despite biomechanical plausibility and frequent clinical observation, no studies were identified that specifically analyze the relationship between first-ray mobility and low back pain in adults.

Understanding how foot biomechanics influences adjacent pathologies, such as low back pain, is key to comprehensive management of musculoskeletal pain. First-ray mobility affects gait; when restricted, it may alter hip and spinal motion. Studying this relationship could improve diagnosis and enable foot-centered therapies. The paucity of prior studies justifies this investigation.

In 2020, Munuera-Martínez et al.⁷ validated a new first-ray mobility meter that is light, portable, simple, and suitable for daily clinical use. Although valid and reliable—and used in prior studies^{7,8}—no studies have related first-ray mobility measured with this device to low back pain. Therefore, our objective was to determine whether first-ray motion, measured with this instrument, differs between individuals with and without low back pain.

Patients and methods

Participants

We conducted a cross-sectional observational study. Measurements were obtained between November 2020 and June 2023. The target population was adults aged >18 and <65 years who attended the Clinical Area of Podiatry at the University of Seville and other private clinics in Seville.

Inclusion criteria were healthy adult men and women aged >18 and <65 years. To compare first-ray mobility in people with and without low back pain, we included participants without lumbar pathology or pain and participants with nonspecific low back pain not attributable to a specific diagnosis at that level. Exclusion criteria were prior surgery on the first ray; fractures of the feet or lower limbs; systemic disease affecting foot morphology (eg, rheumatoid arthritis, Charcot foot); and dementia, expressive difficulties, or mobility limitations.

Procedure

A sociodemographic and health history form was completed for each participant. Foot examination quantified dorsiflexion of the

first metatarsophalangeal joint (first MTPJ), ankle dorsiflexion, and first-ray dorsiflexion (DF), plantarflexion (PF), and total mobility. All measurements were performed by the same examiner with >7 years' experience in foot assessment.

The Foot Posture Index (FPI) was recorded and later used to classify feet as neutral, pronated, or supinated⁹. Feet were considered normal if, in addition to meeting Kirby's normality criteria¹⁰, they demonstrated first MTPJ dorsiflexion >50° and an FPI score between +1 and +5 (neutral).

Low back pain was assessed with a visual analog scale (VAS)^{11,12}.

First-ray mobility was measured with the *Medidor de Primer Radio*® (Fresco Podología SL, Barcelona, Spain), a valid, reliable instrument used in previous studies (Figure 1)^{7,8,13}. For the measurement, one hand maintained the horizontal arm over the heads of the 2nd–5th metatarsals while the other hand positioned the opposite horizontal arm vs the head of the 1st metatarsal. From this position, the 1st metatarsal head and horizontal arm were moved upward to read dorsiflexion (mm) on the vertical arm and downward to read plantarflexion (Figures 2–4)^{7,8}. Each foot was measured three times; the mean was used for analysis.

Data Analysis

Sample size was calculated using simple random sampling for estimation of a mean in infinite populations, assuming a 5 % relative sampling error (coefficient of variation) and a 95 % confidence level, with estimators derived from a 20-person pilot. The result was 393 participants; 400 were ultimately included to account for potential data losses.

Descriptive statistics included absolute (N) and relative (%) frequencies, means, standard deviations (SD), and 25th, 50th, and 75th percentiles (interquartile range).

For intraobserver reliability, in a random subset of 40 feet (20 right, 20 left), dorsiflexion and plantarflexion were remeasured by the same investigator after 15 days. Agreement was assessed with a 2-way mixed-effects intraclass correlation coefficient (ICC).

Normality of quantitative variables was tested with the Kolmogorov–Smirnov statistic. Group differences were assessed with independent-samples t tests when normality held or the Mann–Whitney U test otherwise. Effect size was calculated with Cohen d or Rosenthal r and interpreted as <0.2 none, 0.2–0.5 small, 0.5–0.8 medium, and ≥0.8 large.

A 2-step cluster analysis using silhouette measures of cohesion and separation was performed to evaluate cluster quality (good, fair, poor).

Analyses were performed with IBM SPSS Statistics 27.

Results

We enrolled 400 subjects (331 women, 69 men). Mean age was 42.2 ± 1.1 years. Mean BMI was 24.7 ± 4.4 kg/m². ICCs showed excellent repeatability for all first-ray mobility variables (right-foot DF ICC, 0.979; right-foot PF ICC, 0.931; left-foot DF ICC, 0.998; left-foot PF ICC, 0.973).

Because one person may present one normal foot and one abnormal foot, analyses of first-ray mobility were conducted by foot. Of 800 feet, 227 were normal and 573 had altered mobility. Descriptive



Figure 1. First-ray mobility meter.



Figure 2. Positioning the first ray in neutral with the meter.



Figure 3. Quantifying first-ray dorsiflexion with the meter.



Figure 4. Quantifying first-ray plantarflexion with the meter.

results for measured variables are shown in Table 1. Low back pain was present in 188 individuals (47 %); mean VAS was 4.2 ± 3.1 mm (median, 5; IQR, 1.0-7.0). FPI classifications for the right foot were 333 neutral, 42 pronated, and 25 supinated; for the left foot, 332 neutral, 43 pronated, and 25 supinated. First MTPJ extension measured $60 \pm 8.4^\circ$ on the right and $63 \pm 9.3^\circ$ on the left.

Table II shows differences in first-ray mobility variables between normal and altered-mobility feet.

Two-step clustering was used to define DF, PF, and total mobility (TM) ranges for normal vs non-normal feet. DF ranged 6-7 mm in both groups. PF ranged 6-7 mm in normal feet and 4-6 mm in altered-mobility feet. As shown in Table III, no significant differences were observed in first-ray mobility between individuals with vs without low back pain. Although DF was slightly lower in those without low back pain, medians were identical and effect size was very small, so this difference is unlikely clinically relevant.

However, when filtering to pain-free participants with normal feet and comparing their first-ray mobility with participants with low back pain and altered-mobility feet, PF showed the largest effect size (though not large by convention) and was lower in the low-back-pain group (Table IV). Thus, while differences were statistically significant, they should be interpreted cautiously in clinical terms.

Discussion

The aim of this study was to determine whether first-ray motion measured with the Munuera-Martínez device⁷ differs between individuals with and without low back pain. In our study, plantarflexion was reduced in cases with low back pain.

Throughout the years, numerous investigations have established a functional relationship between anatomically distant regions—the

Table I. Descriptive analysis of variables: normal foot vs foot with altered mobility.

	Normal foot			
	Yes N = 227 (28.4%)		No N = 573 (71.6%)	
	N	%	N	%
Sex				
Male	62	27.3	76	13.3
Female	165	72.7	497	86.7
Age				
18-29	45	19.8	75	13.1
30-39	68	30.0	134	23.4
40-49	68	30.0	192	33.5
50-59	37	16.3	141	24.6
> 59	9	4.0	31	5.4
BMI group				
< 18.5	7	3.1	9	1.6
18.5-24.9	110	48.5	356	62.1
25.0-29.9	82	36.1	150	26.2
>= 30	28	12.3	58	10.1

foot and the lumbar spine. Distal foot support alterations may promote nonspecific low back pain. Low back pain affects up to 80 % of people at some point^{14,15}. The foot's influence is linked to functional changes that certain pedal alterations induce in the lumbopelvic musculoskeletal system.

Foot dysfunction can alter pelvic biomechanics and, in turn, the lumbar spine^{16,17}. Abnormal rearfoot pronation alters foot support during gait, changing pelvic position and mobility and increasing lumbar pathology risk¹⁸⁻²². Reported effects of abnormal pronation include increased anterior and lateral pelvic tilt^{23,24}, lateral tilt and axial rotation of the thorax in unilateral hyperpronation²⁵, alterations in lumbopelvic muscle function²⁶⁻²⁸ and increased lumbar lordosis and thoracic kyphosis²⁹. Recent studies also show that flatfoot—typically associated with abnormal pronation—is an independent risk factor for lumbar degenerative disease³⁰, including intervertebral disc herniation³¹.

A biomechanical foot dysfunction such as limited first-ray mobility can change gait and global posture because this joint is the pivot for whole-body advancement during the propulsive phase. Repeated thousands of times daily over long periods, restricted motion can alter whole-body and foot biomechanics. If first-ray motion is impaired, the kinetic energy for this motion must dissipate elsewhere, creating a specific compensation pattern. Postural changes and symptoms can include low back pain.

Table II. Mobility of the first radius in normal feet and feet with impaired mobility.

		N	Mean	95% confidence interval	Standard Deviation	Median	Interquartile range	p ¹
Dorsiflexion	Normal foot	6.6	6.2-6.8	1.1	7	6-7	0.079	
	Foot with impaired mobility	6.7	6.3-6.9	1.1	7	6-7		
Plantarflexion	Normal foot	6.5	6.1-6.8	1.0	6	6-7	<0.001	0.459
	Foot with impaired mobility	5.1	4.8-5.5	1.3	5	4-6		
Total motion	Normal foot	13.0	12.7-13.1	1.9	13	12-14	<0.001	0.274
	Foot with impaired mobility	11.8	11.4-13	1.9	12	11-13		

¹ Mann–Whitney U test for independent samples. ² Rosenthal r.

Table III. First-ray mobility in people with and without low back pain.

		N	Mean	95% confidence interval	Standard Deviation	Median	Interquartile range	p ¹	Effect size ²
Dorsiflexion	Low back pain	376	6.8	6.4-7	1.1	7	6-7	0.018	0.083
	No low back pain	424	6.6	6.3-6.9	1.1	7	6-7		
Plantarflexion	Low back pain	376	5.5	5.2-5.9	1.4	5	4-6	0.693	
	No low back pain	424	5.5	5-5.8	1.4	6	4-6		
Total motion	Low back pain	376	12.2	12-12.5	2.0	12	11-13	0.207	
	No low back pain	424	12.1	11.9-12.3	2.0	12	11-13		

¹ Mann–Whitney U test for independent samples. ² Rosenthal r.

Table IV. First-ray mobility in normal feet of people without low back pain and in altered-mobility feet of people with low back pain.

		N	Mean	95% confidence interval	Standard Deviation	Median	Interquartile range	p ¹	Effect size ²
Dorsiflexion	Normal foot without low back pain	141	6.5	6.2-6.7	1.2	6	6-7	0.008	0.127
	Altered-mobility foot with low back pain	290	6.8	6.5-7	1.1	7	6-7		
Plantarflexion	Normal foot without low back pain	141	6.4	6-6.8	1.0	6	6-7	<0.001	0.448
	Altered-mobility foot with low back pain	290	5.1	4.8-5.3	1.3	5	4-6		
Total motion	Normal foot without low back pain	141	12.9	12.5-13.2	1.9	13	12-14	<0.001	0.221
	Altered-mobility foot with low back pain	290	11.9	11.4-12.1	1.9	12	11-13		

¹ Mann–Whitney U test for independent samples. ² Rosenthal r.

Dananberg (1993)^{5,32} proposed that limiting first-ray dorsiflexion or plantarflexion impedes full development of the propulsive phase. The body then compensates with greater ankle dorsiflexion and increased knee and hip flexion, shortening step length and creating imbalance between hip flexors and extensors. The quadratus lumborum and iliopsoas compensate by increasing pelvic rotation, potentially producing low back pain. Our study observed an association between reduced first-ray plantarflexion and low back pain.

A 2013 systematic review by O’Leary et al.²² indicated that biomechanical alterations may cause chronic low back pain, relating flatfoot, ankle instability, sagittal-plane block, and excessive pronation to low back pain. Barwick et al.³³ also reviewed the literature and suggested that lumbopelvic-hip muscle dysfunction is involved in lower-limb functional changes and is strongly related to conditions traditionally attributed to excessive foot pronation during gait.

Conversely, Kendall et al.³⁴ argued that evidence linking low back pain and foot behavior—specifically excessive pronation—is insufficient to be definitive. Yazdani et al.¹⁷ (2018) concluded that ground-reaction forces and impulses across plantar regions are affected by low back pain.

Anukoolkarn et al.³⁵ (2015) examined patterns of plantar pressure distribution during the mid-stance phase of gait in subjects with chronic low back pain and asymptomatic controls. Forty subjects with chronic low back pain and 40 asymptomatic subjects participated. They found that the mean peak pressure distribution patterns differed between the chronic low back pain group and asymptomatic subjects, indicating that plantar surface pressures were unevenly distributed in those with chronic low back pain during mid-stance. Lee et al.³⁶ (2011) investigated changes in plantar pressure distribution during gait in 30 individuals with low back pain and 30 without. Patients with low back pain walked with a shorter anteroposterior excursion of the center of pressure, possibly as a compensatory pain-avoidance action. The plantar pressure distributions in those with

low back pain provided evidence of altered gait patterns. Although these studies do not specifically address the relationship between first-ray mobility and low back pain, first-ray mobility is related to plantar pressure distribution, suggesting a potential connection between first-ray mobility and low back pain.

Consistent with our findings, individuals with low back pain showed less first-ray plantarflexion. First-ray plantarflexion is essential for normal propulsion. When absent, the foot may compensate with delayed pronation to facilitate ground contact of the first metatarsal head³⁷. Excessive pronation during gait has been repeatedly linked to low back pain. Excessive pronation induces altered alignment of the tibia, femur, pelvis, and lumbar spine, provoking pain. Excessive pronation produces internal rotation of the medial malleolus and, consequently, internal rotation of the femur and tibia, inducing ipsilateral pelvic tilt and lumbar vertebral rotation during gait—altering whole-body kinetics and potentially causing low back pain. Because abnormal pronation relates to altered first-ray mobility, this alteration would also relate to low back pain. Moreover, weakness of lower paraspinal/postural muscles and low back pain have been linked to limited ankle range of motion, complicating causal direction. What can be concluded is that abnormal lower-extremity biomechanics are associated with functional/mechanical low back pain^{25,38-41}.

This study provides evidence of a possible association between first-ray mobility and low back pain, highlighting a significant reduction in plantarflexion among subjects with low back pain and altered foot mobility. This finding supports the hypothesis that foot biomechanical alterations can have upstream effects on lumbar posture and function. Strengths include a validated measurement methodology, adequate sample size, and detailed statistical analysis.

Limitations include geographic restriction of the sample and exclusion of individuals < 18 years, limiting generalizability. The sample was predominantly female (82.75 %), which may influence results and limit applicability to men. The cross-sectional design precludes causal inference between first-ray mobility and low back

pain. Potential confounders—BMI, physical activity level, other joint disorders, sedentary behavior—were not considered, though they may influence both foot mobility and low back pain.

Given the association between reduced first-ray plantarflexion and low back pain, clinical practice should systematically include biomechanical foot evaluation—particularly of the first ray—in patients with nonspecific low back pain. Such assessment may identify distal contributors to lumbar pain and facilitate a more comprehensive therapeutic approach.

Future research should include longitudinal studies to establish causal relationships between first-ray mobility and the course of low back pain, and clinical trials evaluating the effect of customized foot orthoses on low back pain.

In conclusion, reduced first-ray plantarflexion may be associated with low back pain. Our findings suggest the need to study plantarflexion in greater depth because its reduction is significant and may be related to back pain.

Ethics declaration

All participants provided written informed consent after being informed about study characteristics and volunteered to participate. The study was approved by Universidad de Sevilla (Seville, Spain) Research Ethics Committee (internal code 2244-N-19) and conducted in full compliance with the criteria set forth in the Declaration of Helsinki.

Conflict of interest

None.

Funding

None.

Contributions of the authors

Study conception and design: MRB, PVMM. Data collection: PGG, MGC, PVMM. Analysis and interpretation of results: PGG, MRB, MGC. Creation, writing and preparation of the initial draft: PGG, MRB, MGC, PVMM. Final review: PGG, MRB, MGC, PVMM.

References

- Távora-Vidalón SP, Monge-Vela MÁ, Lafuente-Sotillos G, Domínguez-Maldonado G, Munuera-Martínez PV. Static range of motion of the first metatarsal in the sagittal and frontal planes. *J Clin Med*. 2018;7(456):1-12. DOI: 10.3390/jcm7110456.
- Glasoe W, Yack H, Saltzman C. Anatomy and biomechanics of the first ray. *Phys Ther*. 1999;79(9):854-9. DOI: 10.1093/ptj/79.9.854.
- Jahss MH. Disorders of the hallux and the first ray. 2nd ed. Vol. 12. Philadelphia: W.B. Saunders Co; 1991.
- Prats B, Alcorisi O, Verdaguer J, Vázquez F, Vergés C, Vila R. Alteraciones del primer radio en el plano sagital. *Rev Esp Podol*. 2004;15(5):240-3.
- Dananberg HJ. Gait style as an etiology to chronic postural pain. Part II. Postural compensatory process. *J Am Podiatr Med Assoc*. 1993;83(11):615-24. DOI: 10.7547/87507315-83-11-615.
- Hicks JH. The mechanics of the foot. I. The joints. *J Anat*. 1953;87(4):345-57.
- Munuera-Martínez PV, Távora-Vidalón P, Monge-Vela MÁ, Sáez-Díaz A, Lafuente-Sotillos G. The validity and reliability of a new simple instrument for the measurement of first ray mobility. *Sensors*. 2020;20(8):1-16. DOI: 10.3390/s20082207.
- Távora Vidalón P, Lafuente Sotillos G, Munuera-Martínez PV. Movimiento del primer dedo en sujetos con hallux limitus vs. sujetos con pies normales. *Rev Esp Podol*. 2021;32(2):116-22.
- Redmond AC, Crane YZ, Menz HB. Normative values for the Foot Posture Index. *J Foot Ankle Res*. 2008;1(1):6. DOI: 10.1186/1757-1146-1-6.
- Kirby KA. Biomechanics of the normal and abnormal foot. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2000;90(1):30-4. DOI: 10.7547/87507315-90-1-30.
- Vicente Herrero MT, Delgado Bueno S, Bandrés Moyá F, Ramírez Iñiguez de la Torre MV, Capdevila García L. Valoración del dolor. Revisión comparativa de escalas y cuestionarios. *Rev Soc Esp Dolor*. 2018;25(4):228-36. DOI: 10.20986/reesed.2018.3632/2017. DOI: 10.20986/reesed.2018.3632/2017.
- Henández-Vio JJ. Efectividad de la terapia de tracción mecánica en la reducción del dolor lumbar en pacientes con hernia de disco: una revisión sistemática y metaanálisis. *Rev Cienc Salud Integrando Conoc*. 2024;8(2):67-79.
- Díaz Álvarez MS, Montaña Jiménez P, Munuera-Martínez PV. Influencia del tratamiento quirúrgico para el hallux abductus valgus en la movilidad del primer radio. *Rev Esp Podol*. 2023;34(1):13-8. DOI: 10.20986/reespod.2023.1650/2022.
- López de Celis C, Barra López ME, Villar Mateo E. Correlación entre dolor, discapacidad y rango de movilidad en pacientes con lumbalgia crónica. *Fisioterapia*. 2009;31(5):177-82. DOI: 10.1016/j.ft.2008.10.005.
- Deyo RA, Weinstein JN. Low back pain. *N Engl J Med*. 2001;344(5):363-70. DOI: 10.1056/NEJM200102013440508.
- Poussa MS, Heliövaara MM, Seitsamo JT, Känönen MH, Hurmerinta KA, Nissinen MJ. Development of spinal posture in a cohort of children from the age of 11 to 22 years. *Eur Spine J*. 2005;14(8):738-42. DOI: 10.1007/s00586-004-0701-9.
- Yazdani F, Razeghi M, Karimi MT, Raeisi Shahraki H, Salimi Bani M. The influence of foot hyperpronation on pelvic biomechanics during stance phase of the gait: A biomechanical simulation study. *Proc Inst Mech Eng [H]*. 2018;232(7):708-17. DOI: 10.1177/0954411918778077.
- Cambron JA, Duarte M, Dexheimer J, Solecki T. Shoe orthotics for the treatment of chronic low back pain: A randomized controlled pilot study. *J Manipulative Physiol Ther*. 2011;34(4):254-60. DOI: 10.1016/j.jmpt.2011.04.004.
- Hornestam JF, Arantes PMM, Souza TR, Resende RA, Aquino CF, Fonseca ST, et al. Foot pronation affects pelvic motion during the loading response phase of gait. *Braz J Phys Ther*. 2021;25(6):727-34. DOI: 10.1016/j.bjpt.2021.04.005.
- Khamis S, Yizhar Z. Effect of feet hyperpronation on pelvic alignment in a standing position. *Gait Posture*. 2007;25(1):127-34. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2006.02.005.
- Khamis S, Dar G, Peretz C, Yizhar Z. The Relationship between Foot and Pelvic Alignment while Standing. *J Hum Kinet*. 2015;46(1):85-97. DOI: 10.1515/hukin-2015-0037.
- O'Leary CB, Cahill CR, Robinson AW, Barnes MJ, Hong J. A systematic review: The effects of podiatric deviations on nonspecific chronic low back pain. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2013;26(2):117-23. DOI: 10.3233/BMR-130367.
- Resende RA, Deluzio KJ, Kirkwood RN, Hassan EA, Fonseca ST. Increased unilateral foot pronation affects lower limbs and pelvic biomechanics during walking. *Gait Posture*. 2015;41(2):395-401. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2014.10.025.
- Pinto RZA, Souza TR, Trede RG, Kirkwood RN, Figueiredo EM, Fonseca ST. Bilateral and unilateral increases in calcaneal eversion affect pelvic alignment in standing position. *Man Thor*. 2008;13(6):513-9. DOI: 10.1016/j.math.2007.06.004.
- Tateuchi H, Wada O, Ichihashi N. Effects of calcaneal eversion on three-dimensional kinematics of the hip, pelvis and thorax in unilateral weight bearing. *Hum Mov Sci*. 2011;30(3):566-73. DOI: 10.1016/j.humov.2010.11.011.
- Yazdani F, Razeghi M, Karimi MT, Salimi Bani M, Bahreinizad H. Foot hyperpronation alters lumbopelvic muscle function during the stance phase of gait. *Gait Posture*. 2019;74:102-7. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2019.08.022.
- Karati C, Bilgin S, Dadali Y, Büyükturan B, Büyükturan Ö, Bek N. Are biomechanical features of the foot and ankle related to lumbopelvic motor control? *J Am Podiatr Med Assoc*. 2021;111(3):3-5. DOI: 10.7547/18-065.
- Bird AR, Bendrups AP, Payne CB. The effect of foot wedging on electromyographic activity in the erector spinae and gluteus medius muscles during walking. *Gait Posture*. 2003;18(2):81-91. DOI: 10.1016/S0966-6362(02)00199-6.
- Farokhmanesh K, Shirzadian T, Mahboubi M, Shahri MN eyakan. Effect of foot hyperpronation on lumbar lordosis and thoracic kyphosis in standing posi-

- tion using 3-dimensional ultrasound-based motion analysis system. *Glob J Health Sci.* 2014;6(5):254-60. DOI: 10.5539/gjhs.v6n5p254.
30. Chou MC, Huang JY, Hung YM, Perng WT, Chang R, Wei JCC. Flat foot and spinal degeneration: Evidence from nationwide population-based cohort study. *J Formos Med Assoc.* 2021;120(10):1897-906. DOI: 10.1016/j.jfma.2020.12.019.
 31. Ali HM. Relationship between lumbar herniated disc with flat feet. *Syst Rev Pharm.* 2020;11(11):1804-6.
 32. Dananberg HJ. Gait style as an etiology to chronic postural pain. Part I. Functional hallux limitus. *J Am Podiatr Med Assoc.* 1993;83(8):433-41. DOI: 10.7547/87507315-83-8-433.
 33. Barwick A, Smith J, Chuter V. The relationship between foot motion and lumbopelvic-hip function: A review of the literature. *Foot.* 2012;22(3):224-31. DOI: 10.1016/j.foot.2012.03.006.
 34. Kendall JC, Bird AR, Azari MF. Foot posture, leg length discrepancy and low back pain--their relationship and clinical management using foot orthoses--an overview. *Foot Edinb Scotl.* 2014;24(2):75-80. DOI: 10.1016/j.foot.2014.03.004.
 35. Anukoolkarn K, Vongsirinavarat M, Bovonsunthonchai S, Vachalathiti R. Plantar pressure distribution pattern during mid-stance phase of the gait in patients with chronic non-specific low back pain. *J Med Assoc Thai Chot-maihet Thangphaet.* 2015;98(9):896-901.
 36. Lee JH, Fell DW, Kim K. Plantar pressure distribution during walking: Comparison of subjects with and without chronic low back pain. *J Phys Ther Sci.* 2011;23(6):923-6. DOI: 10.1589/jpts.23.923.
 37. Lafuente Sotillos G, González Úbeda R, Munuera Martínez PV. El hallux limitus. En: *El primer radio. Biomecánica y ortopodología.* 1ª ed. Santander: Exa Editores; 2012. p. 179-204.
 38. Farahpour N, Jafarnejhad A, Damavandi M, Bakhtiari A, Allard P. Gait ground reaction force characteristics of low back pain patients with pronated foot and able-bodied individuals with and without foot pronation. *J Biomech.* 2016;49(9):1705-10. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2016.03.056.
 39. Castro-Méndez A, Palomo-Toucedo IC, Pabón-Carrasco M, Ramos-Ortega J, Díaz-Mancha JA, Fernández-Seguín LM. Custom-made foot orthoses as non-specific chronic low back pain and pronated foot treatment. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(13):6816. DOI: 10.3390/ijerph18136816.
 40. Koch C, Hänsel F. Chronic non-specific low back pain and motor control during gait. *Front Psychol.* 2018;9:2236. DOI: 10.3389/fpsyg.2018.02236.
 41. Müller R, Ertelt T, Blickhan R. Low back pain affects trunk as well as lower limb movements during walking and running. *J Biomech.* 2015;48(6):1009-14. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2015.01.042.