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:

Movimiento del primer dedo en sujetos con hallux limitus vs. sujetos con pies normales /
First ray mobility in hallux limitus patients vs. normal patients

Autores / Authors:

Priscila Távara Vidalón, Guillermo Lafuente Sotillos, Pedro V. Munuera-Martínez

DOI: [10.20986/revesppod.2021.1621/2021](https://doi.org/10.20986/revesppod.2021.1621/2021)

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

Távara Vidalón Priscila, Lafuente Sotillos Guillermo, Munuera-Martínez Pedro V..
Movimiento del primer dedo en sujetos con hallux limitus vs. sujetos con pies normales /
First ray mobility in hallux limitus patients vs. normal patients. Rev. Esp. Pod. 2021. doi:
10.20986/revesppod.2021.1621/2021.

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. 2021;32(2):116-122

DOI: 10.20986/revesspod.2021.1621/2021

Ganador Premio Virginia Novel año 2021

Movimiento del primer radio en sujetos con *hallux limitus* vs. sujetos con pies normales

First ray mobility in hallux limitus patients vs. normal patients

Priscila Távara-Vidalón, Guillermo Lafuente-Sotillos y Pedro V. Munuera-Martínez

Departamento de Podología. Universidad de Sevilla

Palabras clave:

Hallux limitus, *hallux rigidus*, primer radio, dorsiflexión, plantarflexión, instrumento de medida.

Resumen

Objetivos: El objetivo de este trabajo fue determinar el movimiento del primer radio en el plano sagital en sujetos con *hallux limitus* y compararlo con el de los sujetos con pies normales mediante el uso de un nuevo instrumento de medida del primer radio. Además, valorar la relación entre la extensión metatarsalángica y los movimientos del primer radio.

Pacientes y métodos: Se valoró la extensión de la primera articulación metatarsalángica y la movilidad del primer radio en el plano sagital en dos grupos de estudio: sujetos con *hallux limitus* y un grupo control. Para ello se utilizó un nuevo instrumento de medida del primer radio válido y fiable.

Resultados: El movimiento del primer radio para el grupo de *hallux limitus* en el plano sagital fue de 7.04 ± 0.22 mm de dorsiflexión, 3.51 ± 0.29 mm de plantarflexión y de 10.55 ± 0.33 mm de rango total. Y para el grupo control fue de 5.82 ± 0.21 mm de dorsiflexión, 5.33 ± 0.21 mm de plantarflexión y de 11.15 ± 0.39 mm de rango total. El movimiento total de extensión metatarsalángica mostró una correlación moderada y directa con la plantarflexión del primer radio ($r = 0.63$), y débil e inversa con la dorsiflexión del primer radio ($r = -0.36$).

Conclusión: En los participantes de este estudio se observó que los sujetos con *hallux limitus* presentaron más movimiento en dorsiflexión y menos movimiento en plantarflexión que los sujetos normales. Sin embargo, el rango de movimiento total fue similar para ambos grupos de estudio.

Keywords:

Hallux limitus, *hallux rigidus*, first ray, dorsiflexion, plantarflexion, measurement device.

Abstract

Objectives: The objective of this study was to determine the first ray range of motion (ROM) in the sagittal plane in *hallux limitus* patients and to compare it with those patients with normal feet by using a new measuring device of first ray mobility. In addition, to assess the relationship between metatarsophalangeal dorsiflexion and first ray mobility.

Patients and methods: The dorsiflexion for the first metatarsophalangeal joint and the mobility of the first ray in the sagittal plane were assessed in two study groups: *hallux limitus* patients and a control group. A new valid and reliable measuring device of the first ray mobility was used.

Results: ROM of the first ray for the *hallux limitus* group in the sagittal plane was 7.04 ± 0.22 mm for dorsiflexion, 3.51 ± 0.29 mm for plantarflexion, and 10.55 ± 0.33 mm of total range for the control group it was 5.82 ± 0.21 mm of dorsiflexion, 5.33 ± 0.21 mm of plantarflexion and 11.15 ± 0.39 mm of total range. The total movement of metatarsophalangeal dorsiflexion showed a moderate and direct correlation with the plantarflexion of the first ray ($r = 0.63$), and weak and inverse with the dorsiflexion of the first ray ($r = -0.36$).

Conclusion: In the participants of this study, it was observed that the subjects with *hallux limitus* had more dorsiflexion and less plantarflexion than normal subjects. However the total range of motion was similar in both study groups.

Recibido: 13-10-2021

Aceptado: 02-12-2021

0210-1238 © Los autores. 2021.
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:

Priscila Távara-Vidalón
priscilatavara16@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El movimiento del primer radio es un componente importante en la función normal del pie, es por esto que se ha relacionado con diferentes patologías, tanto del pie como del aparato locomotor. Además, muchas intervenciones quirúrgicas se basan en el primer radio para corregir deformidades estructurales y funcionales de la primera articulación metatarsofalángica, como el *hallux abductus valgus* (HAV) y el *hallux rigidus* (HR)¹⁻⁴.

Los términos *hallux limitus* (HL) y HR hacen referencia a la limitación de la movilidad de la primera articulación metatarsofalángica (1.^a AMTF) en el plano sagital, sobre todo en el movimiento de extensión. La deformidad de HL se ha definido como aquella en la que la base de la falange proximal del hallux está subluxada plantarmente sobre la cabeza del primer metatarsiano, con lo cual la 1.^a AMTF es incapaz de desarrollar todo el rango de extensión⁵⁻⁸. También se ha definido como una alteración que cursa con limitación de la extensión metatarsofalángica de menos de 20° sin plantarflexión del primer metatarsiano⁵. En general se acepta que para que exista HL debe existir un rango de movimiento menor a 60-65° en la 1.^a AMTF^{5,6}.

Existen diversos factores patomecánicos y morfológicos que influyen negativamente en la biomecánica normal de la 1.^a AMTF y disminuyen el rango de extensión, contribuyendo al desarrollo de HL/HR. La causa biomecánica y la disfunción dinámica es la más probable en el desarrollo de esta deformidad, aunque no la única¹.

Para que se produzca un ciclo de la marcha normal, durante el periodo propulsivo el primer radio debe ser capaz de plantarflexionarse. Si se da cualquier condición patológica que impida esto, la cabeza del metatarsiano se desplazará dorsalmente en respuesta a las fuerzas reactivas del suelo. Este desplazamiento en sentido craneal impide que se produzca el cambio en el eje de movimiento de la 1.^a AMTF, y por tanto se impide el deslizamiento de la base de la falange sobre la cabeza del metatarsiano. Esto hace que se aumenten las fuerzas compresivas en la mitad dorsal del cartílago articular de la cabeza del metatarsiano y se desencadenan cambios degenerativos y lesiones subcondrales en la zona dorsal de la cabeza del primer metatarsiano, por microtraumatismo continuado de la base de la falange sobre esa zona^{1,9}.

En base a esto, existen autores que mencionan que la principal causa de la formación del HL/HR es el *metatarsus primus elevatus* (MPE)^{7,9-12}, siendo esta una deformidad que cursa conjuntamente con un *hallux equinus*, y que ambas contribuyen a la disminución de la movilidad de la 1.^a AMTF. Sin embargo, también existe la opinión de que una elevación metatarsal mayor a 5 mm aparece en dos tercios de los pies normales, y que por lo tanto no es una entidad patológica ni guarda correlación con la afectación articular¹³.

Debido a que existe controversia en cuanto a si hay una relación directa en presentar un primer metatarsiano dorsalflexionado cuando se tiene HL o HR, y a que existen muy pocos estudios sobre la cuantificación del movimiento del

primer radio en el plano sagital en los sujetos que presentan HL o HR, nos planteamos como objetivos de esta investigación determinar el movimiento del primer radio en el plano sagital en sujetos con HL y compararlo con el de los sujetos con pies normales mediante el uso de un nuevo instrumento de medida del primer radio. Además, valorar la relación entre la extensión metatarsofalángica y los movimientos del primer radio.

PACIENTES Y MÉTODOS

Diseño del estudio

Se trata de un estudio analítico descriptivo en el que se comparó la movilidad de la 1.^a AMTF y del primer radio en un grupo de pies con HL y un grupo de pies normales.

Participantes

La muestra de este estudio estuvo constituida por pacientes mayores de edad que acudieron a una clínica privada, siempre y cuando cumplieran los criterios de selección y aceptaran participar en el estudio voluntariamente. Este trabajo se ha llevado a cabo entre los meses de diciembre de 2020 y mayo de 2021. La muestra se dividió en dos grupos. El grupo de HL estuvo formado por sujetos que presentaron esta patología. Para ello, se realizó un diagnóstico correcto basado en la medición de la extensión de la 1.^a AMTF con el uso de un goniómetro de dos ramas. Los criterios de inclusión fueron que los sujetos presentaran menos de 45° de extensión en la 1.^a AMTF. Los criterios de exclusión fueron: haber experimentado algún traumatismo o intervención quirúrgica del primer radio, presentar HAV, y haber sufrido procesos inflamatorios, metabólicos, enfermedades degenerativas o neuromusculares que afecten al pie. El grupo control estuvo constituido por individuos con pies normales¹⁴, con un primer radio sin alteraciones morfológicas ni funcionales. Los criterios de inclusión fueron que presentaran movilidad normal del primer radio¹⁵ y una extensión de la 1.^a AMTF mayor a 60°. Los criterios de exclusión fueron los mismos que para el grupo de estudio.

Exploración clínica

La exploración clínica de todos los sujetos estuvo realizada por una investigadora principal (PTV), podóloga con 8 años de experiencia. Para ello, el voluntario se colocó en una camilla en decúbito supino con el tobillo relajado y la articulación subastragalina en posición neutra. Se realizó la valoración de la movilidad de la 1.^a AMTF con el goniómetro de dos ramas y del primer radio mediante el uso de un nuevo instrumento de medida validado.

Mediciones

- *Determinación de la extensión metatarsofalángica*: se colocó el centro del goniómetro en la cabeza del pri-

Figura 1. Determinación de la extensión metatarsofalángica: A: posición neutra. B: posición en máxima extensión.

mer metatarsiano. La rama proximal se colocó paralela a la bisección de la diáfisis del metatarsiano, y se fijó al pie con una mano. La rama distal se colocó paralela a la bisección de la falange proximal, y se fijó al dedo con la otra mano. Desde la posición neutra (Figura 1A) se llevó el dedo junto con la rama distal del goniómetro hacia la máxima extensión, permitiendo que el primer radio se plantarflexione para que el movimiento de extensión se produzca en su totalidad¹⁶ (Figura 1B).

- *Determinación de la dorsiflexión/plantarflexión máxima del primer radio:* la medición de la movilidad del primer radio se realizó con el nuevo instrumento de medida (*patente nacional 201500721*)¹⁷ para hallar el rango de movimiento en milímetros tanto en máxima dorsiflexión como máxima plantarflexión (Figura 2). Este dispositivo consta de dos partes que se encuentran unidas en la parte central por un riel que permite el deslizamiento de ambas. Cada parte presenta dos ramas: una horizontal para colocarla en la zona dorsal de las cabezas metatarsales y una vertical que presenta una regla milimetrada. Con una mano el explorador sujetaba la rama larga sobre las cabezas de los metatarsianos del segundo al quinto, y con la otra sujetaba la rama corta sobre la cabeza del primer metatarsiano. En esta posición, la cabeza del primer

Figura 2. Nuevo instrumento de medida de la movilidad del primer radio.

metatarsiano era movida hacia arriba hasta su máximo recorrido en dorsiflexión (Figura 3A) y posteriormente era movida hacia abajo hasta su máximo recorrido en plantarflexión (Figura 3B). El rango de movimiento se determinó al observar en la regla del instrumento cuán-

Figura 3. Determinación del movimiento del primer radio. A: máximo recorrido en dorsiflexión. B: máximo recorrido en plantarflexión.

tos milímetros se desplazaba en ambas posiciones. El examinador realizó las medidas 3 veces en el mismo sujeto para utilizar la media de las 3 en el análisis estadístico.

Análisis de datos

El análisis estadístico de los datos se llevó a cabo mediante el software SPSS Statistics®, versión 25 (IBM, Corp, Armonk, EE. UU.) para Windows®. Para comprobar la fiabilidad intraobservador del procedimiento de medición se realizaron las medidas 3 veces en el mismo sujeto, utilizando el nuevo instrumento de medida del primer radio. Para ello se ha utilizado el coeficiente de correlación intraclase.

Se comprobó si la extensión de la 1.ª AMTF y el movimiento del primer radio era diferente entre el grupo de HL y el grupo control. Se utilizó el test de Shapiro-Wilk para determinar si los datos seguían una distribución normal. En los casos en los que la distribución fue normal se utilizó el test de la *t* de Student para muestras independientes para realizar las comparaciones. Cuando no fue normal, se utilizó la prueba de la *U* de Mann-Whitney. Para comparar la distribución por sexo y

lateralidad entre los dos grupos, con el objetivo de comprobar si eran homogéneos en cuanto a esas variables, se utilizó el test de la Chi cuadrado. Con el mismo objetivo se comparó la edad y el IMC entre ambos grupos mediante la prueba de la *t* de Student para muestras independientes. Para determinar la relación entre la extensión metatarsofalángica y la dorsiflexión y plantarflexión del primer radio en ambos grupos, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson. Se consideró estadísticamente significativa toda diferencia con valor de $p < 0.05$.

RESULTADOS

La muestra para este estudio consistió en 30 sujetos, 15 que formaron parte del grupo de estudio y 15 que formaron parte del grupo control. Se incluyeron 11 pies izquierdos y 19 pies derechos. La distribución por lateralidad entre los dos grupos no fue estadísticamente significativa ($p = 0.705$). En el grupo de HL 10 fueron hombres y 5 mujeres. En el grupo control 7 fueron hombres y 8 fueron mujeres. La distribución por sexo no fue estadísticamente significativa entre los dos grupos ($p = 0.269$). La edad en el grupo de HL fue de 53.13 ± 3.85 años (rango 29-76) y en el grupo control fue de 45.53 ± 5.55 (rango 19-81). El IMC en el grupo de HL fue de 23.9 ± 0.55 (normopeso) y en el grupo control de 23.01 ± 0.55 (normopeso). Se comparó la edad y el IMC entre ambos grupos, mediante el test de la *t* de Student y la diferencia no fue estadísticamente significativa ($p = 0.270$ y $p = 0.269$, respectivamente). La fiabilidad intraobservador se determinó en un estudio previo¹⁸ en el que la investigadora principal (P.T.V.) midió la dorsiflexión y plantarflexión dos veces a 24 sujetos con pies normales utilizando este instrumento, con un periodo de separación entre 10 y 30 días cada una, y se calculó el coeficiente de correlación intraclase (modelo mixto de dos factores). Los resultados fueron los siguientes: CCI = 0.885 en el movimiento de dorsiflexión; CCI = 0.884 en el movimiento de plantarflexión. Esto sugiere que la reproductibilidad del procedimiento de medición fue buena¹⁹.

La posición inicial y final metatarsofalángica, el movimiento total de extensión metatarsofalángica, la dorsiflexión, la plantarflexión y el movimiento total del primer radio en ambos grupos se muestran en la Tabla I. Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en todas las variables (posición inicial metatarsofalángica $p = 0.001$; posición final metatarsofalángica $p < 0.001$; movimiento total de extensión metatarsofalángica $p < 0.001$; dorsiflexión del primer radio $p = 0.003$; plantarflexión del primer radio $p < 0.001$), menos en el movimiento total del primer radio ($p = 0.254$).

En cuanto a las correlaciones entre las variables: movimiento total de extensión metatarsofalángica y la dorsiflexión y plantarflexión del primer radio en ambos grupos, los resultados fueron los siguientes: movimiento total de extensión metatarsofalángica muestra una correlación moderada y directa ($r = 0.63$; $p < 0.001$) con la plantarflexión del primer

Tabla I. Posiciones y movimiento de extensión de la 1.^a AMTF y desplazamiento del primer radio en el plano sagital en ambos grupos de estudio.

Variable	Grupo HL	Grupo control
Posición inicial metatarsofalángica (mm)	22.67 ± 1.53	32.00 ± 1.53
Posición final metatarsofalángica (mm)	53.67 ± 3.53	98.67 ± 2.90
Movimiento total de extensión metatarsofalángica (mm)	31.00 ± 2.49	66.67 ± 2.56
Dorsiflexión del primer radio (mm)	7.04 ± 0.22	5.82 ± 0.21
Plantarflexión del primer radio (mm)	3.51 ± 0.29	5.33 ± 0.21
Movimiento total del primer radio (mm)	10.55 ± 0.33	11.15 ± 0.39

mm = milímetros.

radio, es decir, cuanto mayor es la plantarflexión del primer radio mayor es la extensión metatarsofalángica, y viceversa. El movimiento total de extensión metatarsofalángica muestra una correlación débil e inversa ($r = -0.36$; $p = 0.45$) con la dorsiflexión del primer radio, es decir, cuanto mayor es la dorsiflexión del primer radio menor es la extensión metatarsofalángica y viceversa. Por último, la plantarflexión muestra una correlación débil e inversa ($r = -0.37$; $p = 0.44$) con la dorsiflexión del primer radio, es decir, cuanto mayor es la dorsiflexión del primer radio, menor es la plantarflexión del primer radio y viceversa.

DISCUSIÓN

El principal objetivo de esta investigación fue determinar el movimiento del primer radio en el plano sagital en sujetos con HL y en sujetos con pies normales mediante el uso de un nuevo instrumento de medida del primer radio. Los resultados obtenidos revelan que para los participantes de este estudio el movimiento de dorsiflexión del primer radio en los pies con HL se encontraba aumentado, con un resultado de 7.04 ± 0.22 mm, a diferencia del grupo control con un movimiento de 5.82 ± 0.28 mm. Por el contrario, la plantarflexión en el grupo de HL se vio disminuida, con un resultado de 3.51 ± 0.29 mm, a diferencia del grupo control en el que se obtuvo 5.33 ± 0.21 mm. Sin embargo, el movimiento total del primer radio es muy similar en ambos grupos, siendo de 10.55 ± 0.33 mm en el grupo de HL y de 11.15 ± 0.39 mm en el grupo control.

Como hemos comentado anteriormente, existe controversia en cuanto al rol que ejerce el MPE en el desarrollo del HL. En la revisión bibliográfica realizada hemos encontrado que algunos autores mencionan que puede ser un factor causal en la patogenia del HL^{10,11,20,21} y otros creen que no^{13,22}.

Meyer y cols.¹³ en su estudio de 1987, tras evaluar la posición del MPE en 120 radiografías, concluyeron que la elevación metatarsal en el HR está ocasionada por el aumento del diámetro de la cabeza metatarsiana, la retracción de las partes blandas plantares y los huesos sesamoideos, encontrando

que una elevación metatarsal mayor a 5 mm aparece en dos tercios de los pies normales y que, por lo tanto, no es una entidad patológica, ni guarda correlación con la afectación articular. Del mismo modo, Horton y cols.²², en 1999, realizaron un estudio con el fin de definir el papel de la elevación del primer radio en la patogenia del HR comparando un grupo de pacientes con HR y un grupo control. Analizaron 264 radiografías en carga, comparando la elevación del primer metatarsiano con respecto al segundo y los resultados mostraron que los valores de la elevación del primer radio en pacientes con HR leve o moderado eran casi idénticos a los del grupo control. Los pacientes con HR avanzado tenían un valor medio ligeramente más alto. Estos autores indican que una media de 8 mm de MPE es un hallazgo normal en los pacientes con HR, así como en sujetos normales.

Por el contrario, Grady y cols.¹⁰, que en 2002 realizaron un estudio retrospectivo en 772 sujetos con HL sintomático, observaron que el 45 % de los sujetos presentaron como factor etiológico alguna causa biomecánica, de las cuales el 9,6 % fueron por una pronación excesiva del pie y un 35,4 % por un MPE. Roukis¹¹, en 2005, reveló en su investigación que en el HR hay más presencia de MPE que en el encontrado en otros grupos de estudio. Para ello estudió 275 radiografías laterales de sujetos sin antecedentes de traumatismos o cirugías y las dividió en 4 grupos de estudio (HR, HAV, sujetos con fascitis plantar y sujetos con neuroma de Morton). Los resultados demostraron que existieron diferencias significativas en el grupo de HR, los cuales presentaron elevación del primer metatarsiano con respecto al segundo (HR 5.8 mm, HAV 4.2 mm, fascitis plantar 4.6 mm y neuroma de Morton 4.1 mm $p < 0.05$). Más adelante, en 2010, Bouaicha y cols.²⁰ realizaron un estudio de casos y controles, en el cual realizaron 295 radiografías laterales, 99 con HR, 99 con HAV y 97 pies normales. Analizaron la elevación del primer metatarsiano con respecto al segundo, y encontraron como resultados en el grupo de HR 5.2 mm, en el grupo de HAV 2.8 mm y en el grupo control 2.6 mm ($p < 0.001$). Estos autores discrepan con las conclusiones del estudio de Horton y cols.²², ya que mencionan una falta de estandarización y validación, y creen que esto explica la

gran variabilidad de los valores obtenidos. Por tanto, sugieren que tener un MPE mayor a 5 mm puede ser un factor predictivo en la presencia de HL. Más adelante, en 2014, Usueilli y cols.²¹ realizaron un estudio en el que midieron los mismos parámetros antes mencionados en 394 pies y encontraron en el grupo de HR 6.4 mm, en el HAV 4.0 mm y en el grupo control 3.4 mm ($p < 0.05$). Estos autores concluyen que estos resultados son insuficientes para definir la dorsiflexión del primer radio como un factor etiológico del HR, pero basándose en estos datos consideran que la dorsiflexión del primer radio es una secuela importante del HR.

Como podemos observar, los autores, al estudiar la dorsiflexión del primer radio, lo hacen mediante una valoración radiográfica del sujeto en bipedestación de la posición de este con respecto al segundo. A diferencia de nuestro estudio, en el cual realizamos una exploración clínica con un nuevo instrumento de medida del primer radio válido y fiable. Es por ello que es muy difícil comparar nuestros resultados con los encontrados. Cabe destacar que en los estudios antes expuestos, en los sujetos con HL el primer radio se encuentra en una posición más dorsiflexionada que en los sujetos normales o con otro tipo de patologías, siendo esta una posición fija registrada mediante una imagen radiográfica. En nuestro estudio, en el cual lo que se valoró no fue una posición fija sino la movilidad del primer radio mediante exploración clínica, los sujetos con HL presentaron más movimiento en dorsiflexión que los sujetos normales, siendo el rango total de movimiento muy similar y sin diferencias significativas.

En cuanto a la movilidad del primer radio en sujetos con pies normales, podemos hacer una comparación de la movilidad con dos estudios nuestros publicados recientemente en 2020¹⁷ y 2021²³, en el cual los resultados que obtuvimos fueron para el movimiento de dorsiflexión 6.49 y 5.91 mm; en plantarflexión 5.26 y 4.92 mm y el recorrido total fue de 11.75 y 10.84 mm, respectivamente. Como podemos observar, tanto el movimiento en dorsiflexión como el de plantarflexión y recorrido total son muy similares en estos estudios y en el actual.

Por último, otro de los objetivos fue valorar la relación entre la extensión metatarsofalángica y los movimientos del primer radio. No hemos encontrado estudios que relacionen la plantarflexión del primer radio con la etiología o factor patomecánico del HL. Los resultados que obtuvimos con nuestro estudio presentan más relación entre la disminución de la extensión de la 1.ª AMTF (como ocurre en el caso de los sujetos con HL) y la disminución de la plantarflexión del primer radio ($r = 0.63$), que con el aumento de la dorsiflexión del primer radio ($r = -0.36$). Estos hallazgos apoyan la teoría que algunos autores sostienen en cuanto a que para alcanzar los grados de extensión metatarsofalángica necesarios en la fase propulsiva de la marcha, se requiere una adecuada plantarflexión del primer radio¹.

Podemos considerar como limitaciones del estudio las siguientes: el tamaño muestral es reducido en comparación con estudios similares¹⁷, y solo se han incluido sujetos con

primeros radios normales y con HR, por lo que los resultados pueden variar con otras patologías (por ejemplo: HAV, primer radio plantarflexionado, etc.).

En futuras investigaciones sería oportuno incluir a sujetos con otras patologías, como por ejemplo HAV o primer radio plantarflexionado, para estudiar el desplazamiento del primer radio en estas condiciones. También, estudiar con la ampliación de la muestra la relación que existe en la disminución de la plantarflexión del primer radio y la limitación de la extensión metatarsofalángica.

En conclusión, en los participantes de este estudio se observó que los sujetos con HL presentaron un aumento de movimiento en dorsiflexión y una disminución del movimiento en plantarflexión (7.05 mm; 3.51 mm, respectivamente), en comparación con los sujetos con pies normales (5.82 mm, 5.83 mm, respectivamente). Sin embargo, el rango de movimiento total del primer radio es similar en ambos grupos de estudio (10.55 mm vs. 11.15 mm). Además, la correlación entre los movimientos de plantarflexión del primer radio y extensión metatarsofalángica fue moderada y directa ($r = 0.63$).

CONFLICTO DE INTERESES

Declaramos que no hay conflicto de intereses por parte de los autores.

FINANCIACIÓN

No existen fuentes de financiación públicas o privadas en la realización del presente estudio.

BIBLIOGRAFÍA

1. Munuera-Martínez PV. Biomecánica del primer segmento metatarso-digital. En: Munuera-Martínez PV (ed.). El primer radio. Biomecánica y Ortopodología. Santander: Exa Editores; 2012. p. 41-66.
2. Johnson CH, Christensen JC. Biomechanics of the first ray. Part I. The effects of peroneus longus function: a three-dimensional kinematic study on a cadaver model. J Foot Ankle Surg. 1999;38(5):313-21. DOI: 10.1016/S1067-2516(99)80002-7.
3. Roukis TS, Landsman AS. Hypermobility of the first ray: a critical review of the literature. J Foot Ankle Surg. 2003;42(6):377-90. DOI: 10.1053/j.jfas.2003.09.010.
4. Kelso S, Richie D, Cohen I, Weed J, Root M. Direction and range of motion of the first ray. J Am Podiatr Med Assoc. 1982;72(12):600-5. DOI: 10.7547/87507315-72-12-600.
5. Munuera-Martínez PV. El hallux limitus. En: Munuera-Martínez, PV (ed.). Santander: Exa Editores; 2012. p. 179-204.
6. Blazquez R. Hallux Limitus y su relación con el pie pronado como factor etiológico. Rev Int Ciencias Podol. 2009;5(1):21-7.
7. Kalish S, Willis F. Hallux Limitus and dynamic splinting: A retrospective series. Foot Ankle J. 2009;2(4):1-4. DOI: 10.3827/faoj.2009.0204.0001.
8. Beeson P, Phillips C, Corr S, Ribbans WJ. Hallux rigidus: a cross-sectional study to evaluate clinical parameters. Foot (Edinb). 2009;19(2):80-92. DOI: 10.1016/j.foot.2008.12.001.
9. Roukis T, Jacobs P, Dawson D, Erdmann B, Ringstrom J. A prospective comparison of clinical, radiographic, and intraoperative features of Hallux Rigidus. J Foot Ankle Surg. 2002;41(2):76-95. DOI: 10.1016/S1067-2516(02)80031-X.
10. Grady JF, Axe TM, Zager EJ, Sheldon LA. A retrospective analysis of 772 patients with hallux limitus. J Am Podiatr Med Assoc. 2002;92(2):102-8. DOI: 10.7547/87507315-92-2-102.

11. Roukis TS. Metatarsus primus elevatus in hallux rigidus: fact or fiction? *J Am Pod Med Assoc.* 2005;95(3):221-8. DOI: 10.7547/0950221.
12. Ohara K, Tanaka Y, Taniguchi A, Kurokawa H, Kumai T, Yamada H. Is metatarsus primus elevatus truly observed in hallux rigidus?. Radiographic study using mapping methods. *J Orthop Sci.* 2019;24(2):312-9. DOI: 10.1016/j.jos.2018.09.005.
13. Meyer J, Nishon L, Weiss L, Docks G. Metatarsus primus elevatus and the etiology of hallux rigidus. *J Foot Surg.* 1987;23(3):237-41.
14. Kirby K. Biomechanics of the normal and abnormal foot. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2000;90(1):30-4. DOI: 10.7547/87507315-90-1-30.
15. Root M, Orien W, Weed J, Hughes R. Biomechanical Examination of the Foot, vol. 1. Los Angeles: Clinical Biomechanics Corp; 1971.
16. Munuera-Martínez P V. Exploración biomecánica del primer radio y primera articulación metatarsofalángica. En: Munuera-Martínez PV (ed.). Santander: Exa Editores; 2012. p. 105-17.
17. Munuera-Martínez P V., Távora-Vidalón P, Monge-Vera MA, 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.
18. Távora-Vidalón SP, Monge-Vera MÁ, Lafuente-Sotillos G, Domínguez-Maldonado G, Munuera-Martínez P V. Static range of motion of the first metatarsal in the sagittal and frontal planes. *J Clin Med.* 2018;7(11):456. DOI: 10.3390/jcm7110456.
19. Landis J, Koch G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics.* 1977;33(1):159-74. DOI: 10.2307/2529310.
20. Bouaicha S, Ehrmann C, Moor B, Maqueira G, Espinosa N. Radiographic analysis of metatarsus primus elevatus and hallux rigidus. *Foot Ankle Int.* 2010;31(9):807-14. DOI: 10.3113/FAI.2010.0807.
21. Usulli F, Palmucci M, Montrasio U, Malerba F. Radiographic considerations of Hallux Valgus versus Hallux Limitus. *Foot Ankle Int.* 2014;32(8):782-8. DOI: 10.3113/FAI.2011.0782.
22. Horton G, Park Y, Myerson M. Role of Metatarsus Primus Elevatus in the pathogenesis of Hallux Rigidus. *Foot Ankle Int.* 1999;20(12):777-80. DOI: 10.1177/107110079902001204.
23. Távora-Vidalón P, Lafuente-Sotillos G, Manfredi Márquez M, Munuera-Martínez P. Estudio radiográfico sobre la movilidad del primer radio en los planos sagital y frontal. *Rev Esp Podol.* 2021;32(1):27-35. DOI: 10.20986/revspod.2021.1600/2021.

ORIGINAL

Bilingual article English/Spanish

Rev Esp Podol. 2021;xx(x):x-x

DOI: 10.20986/revesspod.2021.1621/2021

Virginia Novel Award 2021 Winner

First ray mobility in hallux limitus patients vs. normal patients

Movimiento del primer radio en sujetos con hallux limitus vs. sujetos con pies normales

Priscila Távara-Vidalón, Guillermo Lafuente-Sotillos y Pedro V. Munuera-Martínez

Podiatry Department. University of Seville

Keywords:

Hallux limitus, hallux rigidus, first ray, dorsiflexion, plantarflexion, measurement device.

Abstract

Objectives: The objective of this study was to determine the first ray range of motion (ROM) in the sagittal plane in *hallux limitus* patients and to compare it with those patients with normal feet by using a new measuring device of first ray mobility. In addition, to assess the relationship between metatarsophalangeal dorsiflexion and first ray mobility.

Patients and methods: The dorsiflexion for the first metatarsophalangeal joint and the mobility of the first ray in the sagittal plane were assessed in two study groups: *hallux limitus* patients and a control group. A new valid and reliable measuring device of the first ray mobility was used.

Results: ROM of the first ray for the *hallux limitus* group in the sagittal plane was 7.04 ± 0.22 mm for dorsiflexion, 3.51 ± 0.29 mm for plantarflexion, and 10.55 ± 0.33 mm of total range. And for the control group it was 5.82 ± 0.21 mm of dorsiflexion, 5.33 ± 0.21 mm of plantarflexion and 11.15 ± 0.39 mm of total range. The total movement of metatarsophalangeal dorsiflexion showed a moderate and direct correlation with the plantarflexion of the first ray ($r = 0.63$), and weak and inverse with the dorsiflexion of the first ray ($r = -0.36$).

Conclusion: In the participants of this study, it was observed that the subjects with *hallux limitus* had more dorsiflexion and less plantarflexion than normal subjects. However the total range of motion was similar in both study groups.

Palabras clave:

Hallux limitus, hallux rigidus, primer radio, dorsiflexión, plantarflexión, instrumento de medida.

Resumen

Objetivos: El objetivo de este trabajo fue determinar el movimiento del primer radio en el plano sagital en sujetos con *hallux limitus* y compararlo con el de los sujetos con pies normales mediante el uso de un nuevo instrumento de medida del primer radio. Además, valorar la relación entre la extensión metatarsofalángica y los movimientos del primer radio.

Pacientes y métodos: Se valoró la extensión de la primera articulación metatarsofalángica y la movilidad del primer radio en el plano sagital en dos grupos de estudio: sujetos con *hallux limitus* y un grupo control. Para ello se utilizó un nuevo instrumento de medida del primer radio válido y fiable.

Resultados: El movimiento del primer radio para el grupo de *hallux limitus* en el plano sagital fue de 7.04 ± 0.22 mm de dorsiflexión, 3.51 ± 0.29 mm de plantarflexión y de 10.55 ± 0.33 mm de rango total. Y para el grupo control fue de 5.82 ± 0.21 mm de dorsiflexión, 5.33 ± 0.21 mm de plantarflexión y de 11.15 ± 0.39 mm de rango total. El movimiento total de extensión metatarsofalángica mostró una correlación moderada y directa con la plantarflexión del primer radio ($r = 0.63$), y débil e inversa con la dorsiflexión del primer radio ($r = -0.36$).

Conclusión: En los participantes de este estudio se observó que los sujetos con *hallux limitus* presentaron más movimiento en dorsiflexión y menos movimiento en plantarflexión que los sujetos normales. Sin embargo, el rango de movimiento total fue similar para ambos grupos de estudio.

Received: 13-10-2021

Accepted: 02-12-2021

0210-1238 © The Authors. 2021.
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/).

Correspondence:

Priscila Távara-Vidalón
priscilatavara16@gmail.com

INTRODUCTION

First ray mobility is an important component in the normal function of the foot, this is why it has been related with different disorders both of the feet and the locomotor apparatus. Furthermore, many surgical interventions are based on the first ray to correct structural and functional deformities of the first metatarsophalangeal joint, such as *hallux abductus valgus* (HAV) and *hallux rigidus* (HR)¹⁻⁴.

The terms *hallux limitus* (HL) and HR make reference to the mobility limitation of the first metatarsophalangeal joint (1st MPJ) in the sagittal plane, especially in the dorsiflexion. The deformity of HL has been defined as the one in which the base of the proximal phalanx of the hallux is subluxed in a plantar way over the head of the first metatarsal, thus the 1st MPJ is not able to develop the whole dorsiflexion range⁵⁻⁸. It has also been defined as an alteration which goes along with the limitation of the metatarsophalangeal dorsiflexion of less than 20° without the plantarflexion of the first metatarsal⁵. In general, it is accepted that for HL to exist, it needs a range of mobility of less than 60-65° in the 1st MPJ^{5,6}.

There are several pathomechanical and morphological factors that have a negative influence in the normal function of the 1st MPJ and diminish the dorsiflexion range, contributing to the development of HL/HR. The biomechanical cause and dynamic dysfunction are the most probable causes in the development of this deformity, although they are not the only one¹.

For a normal stance phase of gait to be produced, the first ray has to be able to plantarflex during the push off. If there is any pathological condition that prevents this to happen, the head of the metatarsal will move dorsally in response to the ground reaction forces. This displacement in craneal direction prevents the change in the axis of mobility of the 1st MPJ, and therefore the slipping of the base of the phalanx over the head of the metatarsal is impeded. This makes the compressive forces in the dorsal half of the cartilage to increase, triggering degenerative changes and subchondral injuries in the dorsal part of the head of the first metatarsal, because of continued microtrauma of the base of the phalanx over that area^{1,9}.

On this basis, there are authors that mention that the main cause of HL/HR is the *metatarsus primus elevatus* (MPE)^{7,9-12} this being a deformity that goes together with an *hallux equinus*, and that both of them contribute to the decrease of the 1st MPJ range of motion. Nevertheless, the presence that a metatarsal elevation higher than 5mm appears in two thirds of normal feet, and therefore, it is not a pathological entity and it is not correlated with the articular affection¹³.

Because there is controversy as to whether there is a direct relationship in presenting a dorsiflexed first metatarsal when HL or HR or present, and because there are very few studies on the quantification of first ray mobility in the sagittal plane

in patients with HL or HR, this study aims to determine first ray mobility in the sagittal plane in patients with HL and to compare it with patients with normal feet by the use of a new measurement device for the first ray. Moreover, to appreciate the relationship between the metatarsophalangeal dorsiflexion and first ray mobility.

PATIENTS AND METHODS

Study design

This is an analytic descriptive study that compared the mobility of the 1st MPJ and the first ray in a group of feet with HL and a group of normal feet.

Participants

Patients who participated in this study were adults that attended to a private clinic, provided that they met the selection criteria, and voluntarily accepting the participation in the study. This study was conducted from December 2020 to May 2021. The sample was divided into two groups. The HL group was formed by patients with this pathology. For that purpose, a correct diagnosis was performed based on the measurement of the extension of the 1st MPJ with the use of a two arm goniometer. The exclusion criteria was: to have experienced any traumatism or surgical intervention on the first ray; to present HAV; to have suffered inflammatory or metabolic processes, degenerative or neuromuscular illnesses that affect the foot. The control group was constituted by individuals with normal feet¹⁴, with a first ray without any morphologic or functional alterations. The inclusion criteria was a normal first ray mobility¹⁵, and an extension of the 1st MPJ bigger than 60 degrees. The exclusion criteria was the same as the ones for the sample group.

Clinical exploration

The clinical examination of every patient was conducted by the main researcher (P.T.V.), a podiatrist with 8 years of experience. For this purpose, the volunteer was placed on an examination table in supine position with a relaxed ankle and the subtalar joint in neutral position. The evaluation of the mobility of the 1st MPJ was conducted with the two branches goniometer and the one of the first ray by using a new validated measurement device.

Measurements

- *Determination of the metatarsophalangeal dorsiflexions:* The centre of the goniometer was placed on the head of the first metatarsal. The proximal arm was placed in parallel to the bisection of the metatarsal diaphysis, and fixed to the foot with one hand. The distal arm was placed in parallel to the bisection of the proximal pha-

Figure 1. Determination of the metatarsophalangeal dorsiflexion. A: neutral position. B: maximum dorsiflexion position.

lanx, and it was fixed to the hallux with the other hand. From the neutral position (Figure 1A) the hallux was taken along with the distal arm of the goniometer up to the higher dorsiflexion, allowing the first ray to plantarflex so that the dorsiflexion was produced¹⁶ (Figure 1B).

- *Determination of the first ray maximum dorsiflexion/plantarflexion:* The measurement of the first ray mobility was performed with the new measurement device (*national patent 201500721*)¹⁷ in order to find the range of motion in millimeters both in maximum dorsiflexion and maximum plantarflexion (Figure 2). This device consists of two parts that are joined together in its central part by a rail that allows both parts to slide. Each part presents two branches one of them is horizontal in order to be placed in the dorsal surface of the metatarsal heads and the other one is vertical, presenting a ruler measured in millimeters. The explorer held the long branch over the heads of the second to the fifth metatarsal with one hand and held the short branch over the head of the first with the other one. In this position, the head of the first metatarsal was moved upwards up to its maximum dorsiflexion (Figure 3A) and subsequently it was moved downwards up until its maximum plantarflexion (Figure 3B). The range of motion was determined after

Figure 2. New measurement device of first ray mobility.

observing in the ruler of the tool how many millimeters it slid in both positions. The examiner performed the measuring 3 times in the same patient in order to use the mean of the three of them in the statistical analysis.

Figure 3. Determination of first ray mobility. A: maximum dorsiflexion. B: maximum plantarflexion.

Data analysis

The statistical analysis of the data was carried out by the SPSS Statistics® software, version 25 (IBM, Corp, Armonk, USA) for Windows®. In order to check the intra-observer reliability of the measuring procedure, the measurements were performed 3 times in the same patient by using the new measuring device of the first ray. For this, the intraclass correlation coefficient was used.

It was checked if the extension of the 1st MPJ and the motion of the first ray was different between the HL group and the control group. The Shapiro-Wilk test was used to determine if the data followed a normal distribution. In the cases where the distribution was normal the Student t test was used for independent samples to perform comparisons. When it was not normal, the Mann-Whitney U test was used. The Chi-squared test was used to compare the distribution by sex and laterality between the two groups, with the aim of verifying if they were homogenous according to those variables. With the same aim, age and BMI between both groups was compared by the Student t test for independent samples. Pearson's correlation coefficient was used in order to determine the relation between the metatarsophalangeal

dorsiflexion, the dorsiflexion and the plantarflexion of the first ray in both groups. Every difference with a value of $p < 0.05$ was considered statistically significant.

RESULTS

The sample for the study consisted of 30 patients, 15 were part of the study group and 15 were part of the control group. Eleven left feet and 19 right feet were included. The distribution by laterality between the two groups was not significantly different ($p = 0.705$). There were 10 men and 5 women in the HL group. There were 7 men and 8 women in the control group. The sex distribution was not significantly different between the two groups ($p = 0.269$). The age of the HL group was 53.13 ± 3.85 (29-76 range) and the age of the control group was 45.53 ± 5.55 (range 19-81). The BMI in the HL group was 23.9 ± 0.55 (normal weight) and in the control group it was 23.01 ± 0.55 (normal weight). Age and BMI between the two groups were compared using the Student t test and the difference was not significantly different ($p = 0.270$ y $p = 0.269$ respectively). Intraobserver reliability was determined in a previous study¹⁸ in which the main researcher measured the dorsiflexion and the plantarflexion twice in 24 patients with normal feet using this instrument with a period of separation between 10 and 30 days each, and the intraclass correlation coefficient was calculated (mixed two factors model). The results were the following: ICC = 0.885 in the dorsiflexion motion; ICC = 0.884 in the plantarflexion movement. This suggests that the reproducibility of the measuring procedure was good¹⁹.

The initial and final metatarsophalangeal position, the total metatarsophalangeal dorsiflexion, the dorsiflexion, plantarflexion and the total motion of the first ray in both groups are shown in Table I. Statistically significant differences were obtained in every variable (initial metatarsophalangeal position $p = 0.001$; final metatarsophalangeal position $p < 0.001$; total metatarsophalangeal dorsiflexion $p < 0.001$; dorsiflexion of the first ray $p = 0.003$; plantarflexion of the first ray $p < 0.001$), but not in the total range of motion of the first ray ($p = 0.254$).

Regarding the correlations between the variables: total metatarsophalangeal dorsiflexion and the dorsiflexion and plantarflexion of the first ray in both groups, the results were the following: total metatarsophalangeal dorsiflexion showed a moderated and direct correlation ($r = 0.63$; $p < 0.001$) with the plantarflexion of the first ray, in other words, the greater the plantarflexion of the first ray, the greater the metatarsophalangeal dorsiflexion, and vice versa. The total metatarsophalangeal dorsiflexion showed a weak and inverse correlation ($r = -0.36$; $p = 0.45$), meaning, the greater the dorsiflexion of the first ray, the smaller the metatarsophalangeal dorsiflexion and vice versa. Lastly, the plantarflexion showed a weak and inverse correlation ($r = -0.37$; $p = 0.44$) with the

Table I. Positions and mobility of metatarsophalangeal dorsiflexion and first ray range of motion in the sagittal plane in both study groups.

Variable	HL group	Control group
Metatarsophalangeal initial position (mm)	22.67 ± 1.53	32.00 ± 1.53
Metatarsophalangeal final position (mm)	53.67 ± 3.53	98.67 ± 2.90
Total movement of metatarsophalangeal dorsiflexion (mm)	31.00 ± 2.49	66.67 ± 2.56
First ray dorsiflexion (mm)	7.04 ± 0.22	5.82 ± 0.21
First ray plantarflexion (mm)	3.51 ± 0.29	5.33 ± 0.21
First ray total range of motion (mm)	10.55 ± 0.33	11.15 ± 0.39

mm = millimeters.

dorsiflexion of the first ray, that is, the greater the dorsiflexion of the first ray, the lower the plantarflexion of the first ray and vice versa.

DISCUSSION

The main aim of this research was to determine the first ray range of motion in the sagittal plane in HL patients and normal patients by using a new measuring device of the first ray. The obtained results reveal that for the participants of this study, the dorsiflexion of the first ray in the feet with HL was increased, with a result of 7.04 ± 0.22 mm, unlike the control group, who had a motion of 5.82 ± 0.28 mm. On the contrary, the HL group's plantarflexion diminished, with $3.51 \text{ mm} \pm 0.29$ as results, unlike the control group, in which 5.33 ± 0.21 was obtained. However, the total motion of the first ray was very similar in both groups, being 10.55 ± 0.33 mm in the HL group and 11.15 ± 0.39 mm in the control group.

As discussed earlier, the controversy around the role of the MPE in the development of the HL, exists. In the literature review that has been done, it has been found that some authors mention that it can be an etiologic factor in the pathogenesis of the HL^{10,11,20,21} and some believe it cannot^{13,22}.

Meyer et al.¹³, in their research of 1987, after evaluating the position of MPE in 120 radiographies, concluded that the metatarsal elevation in HR was occasioned by the increase of the diameter of the metatarsal head, the retraction of the plantar soft tissues and the sesamoids bones, finding that a metatarsal elevation greater than 5 mm appears in two thirds of normal feet and, therefore, it is not a pathological entity, and it was not correlated with the articulation disorder. In the same way, Horton et al.²² in 1999 carried out a research with the aim of defining the role of the elevation of the first ray in the pathogenesis of the HR comparing a group of patients with HR and a control group. They analyzed 264 radiographies in weightbearing conditions, comparing the elevation of the first metatarsal with regard to

the second and the results showed that the values of elevation of the first ray in patients with mild or moderate HR were almost identical to the ones of the control group. The patients with advanced HR had a slightly higher average value. These authors indicate that an average MPE of 8 mm was a normal finding in patients with HR, as well as in normal subjects.

On the contrary, Grady et al.¹⁰, who in 2002 carried out a retrospective research in 772 patients with symptomatic HL, observed that 45 % of the patients presented as etiological factor some biomechanical cause, from which 9.6 % were because of an excessive pronation of the foot and a 35.4 % because of a MPE. Roukis¹¹ in 2005 revealed in his research that there was more presence of the MPE in the HR than the one found in other groups of research. For that, he studied 275 lateral radiographs in patients without traumatism or surgical antecedents and divided them in 4 groups of research (HR, HAV, patients with plantar fasciitis and patients with Morton's neuroma). The results proved that significant differences in the HR group existed, which presented elevation in the first metatarsal with regard to the second (HR 5.8 mm, HAV 4.2 mm, plantar fasciitis 4.6 mm and Morton neuroma 4.1 mm $p < 0.05$). Further on, in 2010 Bouaicha et al.²⁰ carried on a research of cases and controls, in which they made 295 lateral radiographs, 99 with HR, 99 with HAV and 97 normal feet. They analyzed the elevation in the first metatarsal with regard to the second, and they found as results 5.2 mm in the HR group, 2.8 mm in the HAV and 2.6 mm ($p < 0.001$) in the control group. These authors disagree in the conclusions of the research of Horton et al.²², since they mention a lack of standardisation and validation and believe that this explains the great variability of the obtained values. Thus, they suggest that having a MPE greater than 5 mm can be a predictive factor in the presence of HL. Further on, in 2014 Usulli et al.²¹ carried out a research in which they measured the same parameters that were mentioned before in 394 feet and found 6.4 mm in the HR group, 4.0 mm in the HAV and 3.4 mm in the control group ($p < 0.05$). These

authors concluded that these results were insufficient for defining the dorsiflexion of the first ray as an etiological factor of the HR, but on the basis of this data, they consider that the dorsiflexion of the first ray was an important consequence of the HR.

As it can be observed, when the authors study the dorsiflexion of the first ray, they do it by a radiographic evaluation of the patient standing in his position regarding the second. Unlike our study, in which we carry out a clinical examination with a new, valid and reliable measuring device for the first ray. This is why it is very hard to compare our results with the ones we have found. It should be noted that in the aforementioned studies, in the patients with HL in the first ray there is a more dorsiflexed position than in the normal patients or with another type of pathologies, being this one a fixed position registered by a radiographic image. In our study, in which what was valued was not a fixed position but the first ray mobility after clinical examination, the patients with HL presented more motion in dorsiflexion than normal patients, being the total range of motion very similar and having no significant differences.

Regarding the mobility of the first ray in patients with normal feet, we can make a comparison of the mobility with two of our studies that were published recently in 2020¹⁷ and 2021²³ in which the results obtained were 6.49 y 5.91 mm for the dorsiflexion mobility, 5.26 and 4.92 mm in plantarflexion and the total path was 11.75 and 10.84 mm respectively. As we can observe, in dorsiflexion as in plantarflexion and in the total range of motion are very similar in these studies and in the current one.

Lastly, another one of the objectives was to value the relation between the metatarsophalangeal dorsiflexion and the first ray mobility. We have not found studies that relate the plantarflexion of the first ray with the etiology of the HL. The results we obtained present more relationship between the decrease of the 1st MPJ dorsiflexion (as occurs in the case of patients with HL) and the decrease of the plantarflexion of the first ray ($r = 0.63$), than with the increase of the dorsiflexion of the first ray ($r = -0.36$). These findings support the theory that some authors claim in terms of to obtain the metatarsophalangeal dorsiflexion degrees needed in the propulsive phase of walking, an adequate plantarflexion of the first ray¹ is required.

We can consider as research limitations the following: The sample size was small compared to similar researches¹⁷, and there have only been included patients with normal first ray and with HR, therefore the results may vary with other pathologies (for instance: HAV, plantarflexionated first ray, etc.).

In future research it would be appropriate to include patients with other pathologies, such as HAV or plantarflexed first ray, in order to study the movement of the first ray in these conditions. Also, studying along with the extension of the sample the relationship that exists in the decrease of the plantarflexion of the first ray and the limitation of the metatarsophalangeal dorsiflexion.

In conclusion, in the participants of this research it was observed that the patients with HL presented an increase of motion in dorsiflexion and a decrease of motion in plantarflexion (7.05 mm; 3.51 mm respectively), in the first ray in comparison with the patients with normal feet (5.82 mm, 5.83 mm respectively). However, the total range of motion of the first ray was similar in both research groups (10.55 mm vs. 11.15 mm). Furthermore, the correlation between the motion of the plantarflexion of the first ray and the metatarsophalangeal dorsiflexion was moderated ($r = 0.63$).

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare that there are no conflicts of interests in this study.

FINANCING

There are no sources of public or private financing in the realization of this study.

REFERENCES

1. Munuera-Martínez PV. Biomecánica del primer segmento metatarsal-digital. En: Munuera-Martínez PV (ed.). *El primer radio. Biomecánica y Ortopodología*. Santander: Exa Editores; 2012. p. 41-66.
2. Johnson CH, Christensen JC. Biomechanics of the first ray. Part I. The effects of peroneus longus function: a three-dimensional kinematic study on a cadaver model. *J Foot Ankle Surg*. 1999;38(5):313-21. DOI: 10.1016/S1067-2516(99)80002-7.
3. Roukis TS, Landsman AS. Hypermobility of the first ray: a critical review of the literature. *J Foot Ankle Surg*. 2003;42(6):377-90. DOI: 10.1053/j.jfas.2003.09.010.
4. Kelso S, Richie D, Cohen I, Weed J, Root M. Direction and range of motion of the first ray. *J Am Podiatr Med Assoc*. 1982;72(12):600-5. DOI: 10.7547/87507315-72-12-600.
5. Munuera-Martínez PV. El hallux limitus. En: Munuera-Martínez PV (ed.). *Santander: Exa Editores*; 2012. p. 179-204.
6. Blazquez R. Hallux Limitus y su relación con el pie pronado como factor etiológico. *Rev Int Ciencias Podol*. 2009;5(1):21-7.
7. Kalish S, Willis F. Hallux Limitus and dynamic splinting: A retrospective series. *Foot Ankle J*. 2009;2(4):1-4. DOI: 10.3827/faoj.2009.0204.0001.
8. Beeson P, Phillips C, Corr S, Ribbans WJ. Hallux rigidus: a cross-sectional study to evaluate clinical parameters. *Foot (Edinb)*. 2009;19(2):80-92. DOI: 10.1016/j.foot.2008.12.001.
9. Roukis T, Jacobs P, Dawson D, Erdmann B, Ringstrom J. A prospective comparison of clinical, radiographic, and intraoperative features of Hallux Rigidus. *J Foot Ankle Surg*. 2002;41(2):76-95. DOI: 10.1016/S1067-2516(02)80031-X.
10. Grady JF, Axe TM, Zager EJ, Sheldon LA. A retrospective analysis of 772 patients with hallux limitus. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2002;92(2):102-8. DOI: 10.7547/87507315-92-2-102.
11. Roukis TS. Metatarsus primus elevatus in hallux rigidus: fact or fiction? *J Am Pod Med Assoc*. 2005;95(3):221-8. DOI: 10.7547/0950221.
12. Ohara K, Tanaka Y, Taniguchi A, Kurokawa H, Kumai T, Yamada H. Is metatarsus primus elevatus truly observed in hallux rigidus? Radiographic study using mapping methods. *J Orthop Sci*. 2019;24(2):312-9. DOI: 10.1016/j.jos.2018.09.005.
13. Meyer J, Nishon L, Weiss L, Docks G. Metatarsus primus elevatus and the etiology of hallux rigidus. *J Foot Surg*. 1987;23(3):237-41.
14. Kirby K. Biomechanics of the normal and abnormal foot. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2000;90(1):30-4. DOI: 10.7547/87507315-90-1-30.
15. Root M, Orien W, Weed J, Hughes R. *Biomechanical Examination of the Foot*, vol. 1. Los Angeles: Clinical Biomechanics Corp; 1971.

16. Munuera-Martínez P V. Exploración biomecánica del primer radio y primera articulación metatarsofalángica. En: Munuera-Martínez PV (ed.). Santander: Exa Editores; 2012. p. 105-17.
17. Munuera-Martínez P V., Távara-Vidalón P, Monge-Vera MA, 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.
18. Távara-Vidalón SP, Monge-Vera MÁ, Lafuente-Sotillos G, Domínguez-Maldonado G, Munuera-Martínez P V. Static range of motion of the first metatarsal in the sagittal and frontal planes. *J Clin Med*. 2018;7(11):456. DOI: 10.3390/jcm7110456.
19. Landis J, Koch G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977;33(1):159-74. DOI: 10.2307/2529310.
20. Bouaicha S, Ehrmann C, Moor B, Maqueira G, Espinosa N. Radiographic analysis of metatarsus primus elevatus and hallux rigidus. *Foot Ankle Int*. 2010;31(9):807-14. DOI: 10.3113/FAI.2010.0807.
21. Usueli F, Palmucci M, Montrasio U, Malerba F. Radiographic considerations of Hallux Valgus versus Hallux Limitus. *Foot Ankle Int*. 2014;32(8):782-8. DOI: 10.3113/FAI.2011.0782.
22. Horton G, Park Y, Myerson M. Role of Metatarsus Primus Elevatus in the pathogenesis of Hallux Rigidus. *Foot Ankle Int*. 1999;20(12):777-80. DOI: 10.1177/107110079902001204.
23. Távara-Vidalón P, Lafuente-Sotillos G, Manfredi Márquez M, Munuera-Martínez P. Estudio radiográfico sobre la movilidad del primer radio en los planos sagital y frontal. *Rev Esp Podol*. 2021;32(1):27-35. DOI: 10.20986/revesppod.2021.1600/2021.