



ORIGINAL

Artículo bilingüe español/inglés

Rev Esp Podol. 2021;32(2):116-122

DOI: 10.20986/revesspod.2021.1621/2021

Ganador Premio Virginia Novel 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, 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  $7.04 \pm 0.22$  mm de dorsiflexión,  $3.51 \pm 0.29$  mm de plantarflexión y de  $10.55 \pm 0.33$  mm de rango total. Y para el grupo control fue de  $5.82 \pm 0.21$  mm de dorsiflexión,  $5.33 \pm 0.21$  mm de plantarflexión y de  $11.15 \pm 0.39$  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  $7.04 \pm 0.22$  mm for dorsiflexion,  $3.51 \pm 0.29$  mm for plantarflexion, and  $10.55 \pm 0.33$  mm of total range for the control group it was  $5.82 \pm 0.21$  mm of dorsiflexion,  $5.33 \pm 0.21$  mm of plantarflexion and  $11.15 \pm 0.39$  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/](http://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)<sup>1-4</sup>.

Los términos *hallux limitus* (HL) y HR hacen referencia a la limitación de la movilidad de la primera articulación metatarsofalángica (1.<sup>a</sup> 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.<sup>a</sup> AMTF es incapaz de desarrollar todo el rango de extensión<sup>5-8</sup>. También se ha definido como una alteración que cursa con limitación de la extensión metatarsofalángica de menos de 20° sin plantarflexión del primer metatarsiano<sup>5</sup>. En general se acepta que para que exista HL debe existir un rango de movimiento menor a 60-65° en la 1.<sup>a</sup> AMTF<sup>5,6</sup>.

Existen diversos factores patomecánicos y morfológicos que influyen negativamente en la biomecánica normal de la 1.<sup>a</sup> 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 única<sup>1</sup>.

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.<sup>a</sup> 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 cartilago 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<sup>1,9</sup>.

En base a esto, existen autores que mencionan que la principal causa de la formación del HL/HR es el *metatarsus primus elevatus* (MPE)<sup>7,9-12</sup>, siendo esta una deformidad que cursa conjuntamente con un *hallux equinus*, y que ambas contribuyen a la disminución de la movilidad de la 1.<sup>a</sup> 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 articular<sup>13</sup>.

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.<sup>a</sup> AMTF y del primer radio en un grupo de pies con HL y un grupo de pies normales.

### Participantes

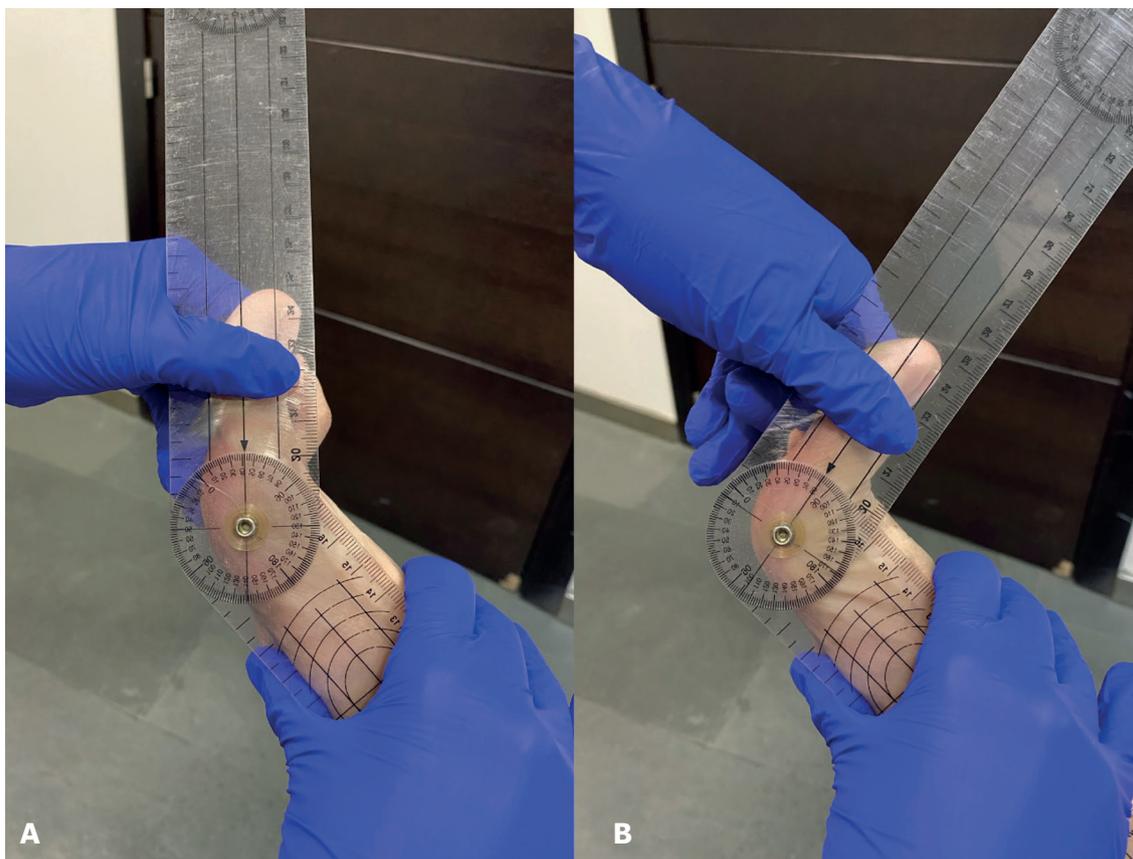
La muestra de este estudio estuvo constituida por pacientes mayores de edad que acudieron a una clínica privada, siempre y cuando cumplieran los criterios de selección y aceptaran participar en el estudio voluntariamente. Este trabajo se ha llevado a cabo entre los meses de diciembre de 2020 y mayo de 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.<sup>a</sup> 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.<sup>a</sup> 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 normales<sup>14</sup>, con un primer radio sin alteraciones morfológicas ni funcionales. Los criterios de inclusión fueron que presentaran movilidad normal del primer radio<sup>15</sup> y una extensión de la 1.<sup>a</sup> 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.<sup>a</sup> AMTF con el goniómetro de dos ramas y del primer radio mediante el uso de un nuevo instrumento de medida validado.

### Mediciones

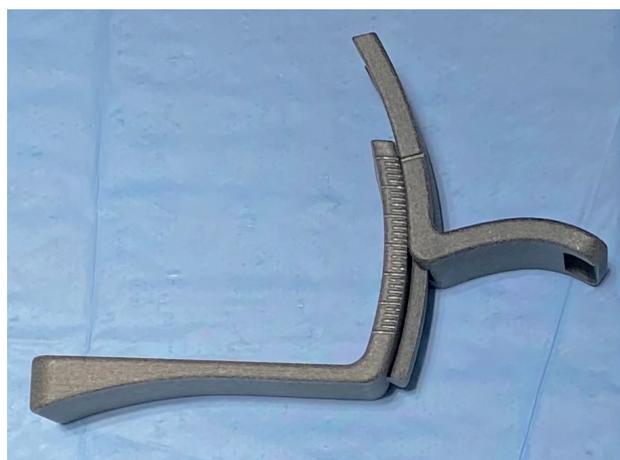
- *Determinación de la extensión metatarsofalángica*: se colocó el centro del goniómetro en la cabeza del pri-



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

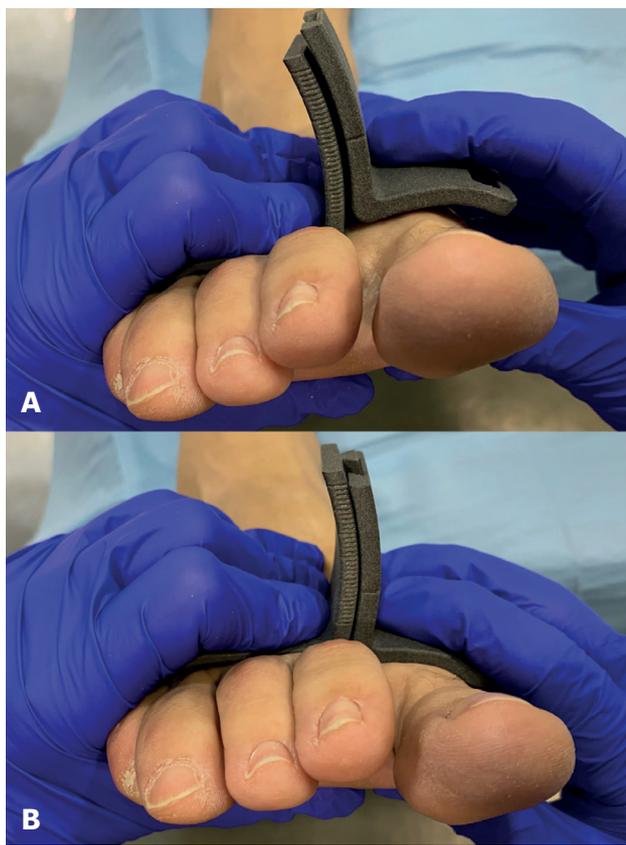
mer metatarsiano. La rama proximal se colocó paralela a la bisección de la diáfisis del metatarsiano, y se fijó al pie con una mano. La rama distal se colocó paralela a la bisección de la falange proximal, y se fijó al dedo con la otra mano. Desde la posición neutra (Figura 1A) se llevó el dedo junto 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 totalidad<sup>16</sup> (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*)<sup>17</sup> 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 significativo 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  $53.13 \pm 3.85$  años (rango 29-76) y en el grupo control fue de  $45.53 \pm 5.55$  (rango 19-81). El IMC en el grupo de HL fue de  $23.9 \pm 0.55$  (normopeso) y en el grupo control de  $23.01 \pm 0.55$  (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 previo<sup>18</sup> 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 buena<sup>19</sup>.

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  $7.04 \pm 0.22$  mm, a diferencia del grupo control con un movimiento de  $5.82 \pm 0.28$  mm. Por el contrario, la plantarflexión en el grupo de HL se vio disminuida, con un resultado de  $3.51 \text{ mm} \pm 0.29$ , a diferencia del grupo control en el que se obtuvo  $5.33 \pm 0.21$ . Sin embargo, el movimiento total del primer radio es muy similar en ambos grupos, siendo de  $10.55 \pm 0.33$  mm en el grupo de HL y de  $11.15 \pm 0.39$  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<sup>10,11,20,21</sup> y otros creen que no<sup>13,22</sup>.

Meyer y cols.<sup>13</sup> 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.<sup>22</sup>, 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.<sup>10</sup>, 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. Roukis<sup>11</sup>, 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.<sup>20</sup> 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.<sup>22</sup>, 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, Usuelli y cols.<sup>21</sup> 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 2020<sup>17</sup> y 2021<sup>23</sup>, 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 radio<sup>1</sup>.

Podemos considerar como limitaciones del estudio las siguientes: el tamaño muestral es reducido en comparación con estudios similares<sup>17</sup>, 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

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Munuera-Martínez PV. El hallux limitus. En: Munuera-Martínez, PV (ed.). Santander: Exa Editores; 2012. p. 179-204.
- Blazquez R. Hallux Limitus y su relación con el pie pronado como factor etiológico. *Rev Int Ciencias Podol.* 2009;5(1):21-7.
- Kalish S, Willis F. Hallux Limitus and dynamic splinting: A retrospective series. *Foot Ankle J.* 2009;2(4):1-4. DOI: 10.3827/foaj.2009.0204.0001.
- 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.
- 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.
- 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. Usuelli 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/revesppod.2021.1600/2021.