



Trabajo original

Efectividad funcional y radiográfica del tratamiento de la braquimetatarsia congénita

Functional and radiographic effectiveness of congenital brachymetatarsia treatment

Ana Laura Arenas-Díaz,* Tatiana Marisela Valera-Vallejos,†
Marlene Deyanira Torres-Martínez,§ Gustavo Legorreta-Cuevas* †
Hospital Shriners para Niños, Ciudad de México.

* Médico del Staff. Clínica de pie.

† Residente de 6to año Ortopedia pediátrica.

§ Residente de 5to año Ortopedia Pediátrica.

RESUMEN

La braquimetatarsia es una malformación congénita o adquirida, que incluye un acortamiento anormal de uno o varios metatarsianos. El objetivo de este estudio fue evaluar los resultados funcionales y radiográficos del tratamiento quirúrgico en la braquimetatarsia congénita con osteotomía de alargamiento y uso de fijación externa. **Material y métodos:** Se realizó un estudio de muestreo no probabilístico retrospectivo, descriptivo, transversal, analítico de una serie de casos, en el Hospital Shriners para Niños, Ciudad de México, entre enero de 2011 y diciembre de 2014. Se incluyeron pacientes de 10 a 18 años de edad con braquimetatarsia congénita, inconformidad estética, evaluación funcional y radiográfica completa del pie afectado, sometidos a distracción progresiva con minifijación externa del metatarsiano afectado, con un seguimiento mínimo de cinco años. Para la evaluación funcional se utilizó el cuestionario MOXFQ. Para la evaluación radiográfica se tomaron en cuenta los milímetros alargados, el tiempo de consolidación en cada metatarsiano afectado, sin obviar las complicaciones obtenidas. **Resultados:** Fueron incluidos 14 pacientes, 23 metatarsianos afectados; 1 hombre (8%) y 13 mujeres (92%). El promedio de edad fue de 14 años. En 69% fueron afectados ambos pies, 22% pie derecho y 9 izquierdo. El cuarto metatarsiano fue el más afectado. Las tres secciones evaluadas en el cuestionario MOXFQ mejoraron por arriba de 50%, de mayor predominio el rubro de interacción social. En la evaluación radiográfica se observó una tasa de crecimiento de 40%, con un tiempo de consolidación promedio de 16 semanas. Ambas evaluaciones estadísticamente significativas. Ocho metatarsianos presentaron complicaciones (34%). **Conclusión:**

SUMMARY

*Brachymetatarsia is a congenital or acquired malformation, which includes an abnormal shortening of one or more metatarsals. The objective of this study was to evaluate the functional and radiographic results of surgical treatment in congenital brachymetatarsia with lengthening osteotomy and use of external fixation. **Material and methods:** A retrospective, descriptive, cross-sectional and analytical study was conducted at the Shriners Hospital for Children, Mexico City, between January 2011 and December 2014. Patients from 10 to 18 years of age with congenital brachymetatarsia, aesthetic disagreement, complete functional and radiographic evaluation of the affected foot, undergoing progressive distraction with external minifixation of the affected metatarsal, with a minimum follow-up of five years were included. For the functional evaluation, the MOXFQ questionnaire was used. For the radiographic evaluation, the elongated millimeters, the consolidation time in each affected metatarsal were taken into account, without obviating the complications obtained. **Results:** 14 patients were included, 23 affected metatarsals; 1 man (8%) and 13 women (92%). The average age was 14 years old. In 69% both feet were affected, 22% right foot and 9% left foot. The fourth metatarsal was the most affected. The three sections evaluated in the MOXFQ questionnaire improved by more than 50%, with greater predominance in the category of social interaction. Radiographic evaluation showed a growth rate of 40% with an average consolidation time of 16 weeks. Both statistically significant evaluations. Eight patients presented complications (34%). **Conclusion:** The lengthening and external fixation osteotomy continues to be effective as a therapeutic option*

Recibido para publicación: 22/06/2020. Aceptado: 04/11/2020.

Correspondencia: Dra. Ana Laura Arenas

E-mail: anyuxare@gmail.com

Citar como: Arenas-Díaz AL, Valera-Vallejos TM, Torres-Martínez MD, Legorreta-Cuevas G. Efectividad funcional y radiográfica del tratamiento de la braquimetatarsia congénita. Rev Mex Ortop Ped. 2020; 22 (1-3); 16-21. <https://dx.doi.org/10.35366/97450>

Continúa siendo efectiva la osteotomía de alargamiento y fijación externa como opción terapéutica para braquimetatarsia. En este trabajo, se obtuvo mejora de los resultados funcionales y radiográficos después del tratamiento con resultados estadísticamente significativos. El porcentaje de complicaciones encontradas fue similar a lo reportado en otros estudios, a pesar de tener tasa de crecimiento promedio alto.

Palabras clave: Braquimetatarsia, fijación externa, MOXFQ, tasa de crecimiento.

Nivel de evidencia: IV (Serie de casos)

for brachymetatarsia, obtaining in this work, improvement of functional and radiographic results after treatment with statistically significant results. The percentage of complications found were similar to that reported in other studies despite having a high average growth rate.

Keywords: Brachymetatarsia, external fixation, MOXFQ, growth rate.

Evidence level: IV (Case series)

INTRODUCCIÓN

La braquimetatarsia es una malformación congénita o adquirida (traumática, iatrogénica, sindrómica o neurológica), que incluye un acortamiento anormal de uno o varios metatarsianos. La causa congénita sugiere un cierre temprano del cartílago de crecimiento distal del metatarsiano.¹⁻³ Su incidencia es de 0.02 a 0.05%; las mujeres son las más afectadas. La presentación bilateral va del 36 a 72%, el cuarto metatarsiano es el más afectado.^{1,4}

Biomecánicamente, los metatarsianos juegan un papel importante en la formación del arco anterior. Durante la fase anterior del paso, la concavidad del arco anterior se pierde, por tanto, todas las cabezas de los metatarsianos se acercan al suelo, y distribuyen la carga de manera equilibrada a través de éstas; en consecuencia, el desplome y mala distribución de cargas incrementa en cabezas adyacentes, con formación de hiperqueratosis y dolor.⁵

Los síntomas de esta malformación pueden ser variables; el aspecto estético es el más frecuente para los pacientes pediátricos y adolescentes; a mayor edad, el síntoma más frecuente es el dolor en metatarsianos adyacentes, así como irritación cutánea a nivel dorsal por migración de la falange proximal ante el metatarsiano acortado que conduce a un roce con el calzado, mala adaptación a éste y, en algunas ocasiones, dificultad para la marcha.²⁻⁴

En algunos casos, la braquimetatarsia evoluciona con contractura tendinosa y capsulares, las cuales conllevan a deformidades crónicas.⁶

Las radiografías van a ocupar un papel importante para el diagnóstico exacto, al observar la incongruencia de la parábola metatarsal (Lelièvre) ante un metatarsiano menor a 5 milímetros o más por debajo de la parábola.³

Existen diversos tratamientos para la braquimetatarsia. El tratamiento conservador consiste en el uso de plantillas o separadores digitales, en caso de presentar dolor. Sin embargo, la principal causa de consulta médica es el aspecto estético, por lo tanto, los tratamientos conservadores no resuelven esta problemática.

Los objetivos del tratamiento quirúrgico son: disminuir el dolor en caso de presentarlo, lograr la congruencia de la parábola metatarsal, obtener una adecuada función del pie y conseguir un pie estéticamente aceptable. Para cumplir estos objetivos, se pueden realizar correcciones quirúrgicas en agudo con uso de injertos y fijaciones internas, o bien, crecimientos controlados y guiados (alargamientos óseos) a través de fijadores externos.^{2,7} Existen publicaciones que reportan complicaciones tanto en la corrección aguda como controlada de la braquimetatarsia.

El objetivo principal de este estudio fue evaluar los resultados funcionales y radiográficos del tratamiento quirúrgico en la braquimetatarsia congénita con osteotomía de alargamiento y uso de fijación externa. Secundariamente, describir las complicaciones encontradas.

Tabla 1: Comparación de resultados funcionales con el cuestionario MOXFQ.

Secciones	Valores preoperatorios	Valores postoperatorios*	Porcentaje de mejoría	p
Dificultad para la marcha y mantenerse de pie	45 (35)	14 (20)	69	0.001
Problemas de interacción social	47 (25)	10 (17)	79	0.001
Presencia de dolor en el pie	23 (23)	10 (17)	57	0.0002

* Evaluación funcional con valores preoperatorios y postoperatorios evaluados a los cinco años después del tratamiento quirúrgico.

El mayor porcentaje de mejoría fue para el rubro de interacción social; no obstante, el dolor referido como hipersensibilidad en sitio de herida quirúrgica. Reportándose en todos los casos satisfacción estética y social. Con una p significativa para todos los rubros.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio de muestreo no probabilístico retrospectivo, descriptivo, transversal y analítico, en el Hospital Shriners para Niños, Ciudad de México, en el periodo entre enero de 2011 y diciembre de 2014. Se incluyeron pacientes de 10 a 18 años de edad, ambos sexos, que cumplieran con los criterios de inclusión: diagnóstico de braquimetatarsia congénita únicamente, inconformidad estética, evaluación funcional y radiográfica completa del pie afectado, sometidos a distracción controlada y progresiva con minifijación externa del metatarsiano afectado, con un seguimiento mínimo de cinco años. Los criterios de exclusión fueron: antecedente de fractura de metatarsiano, cirugías de alargamiento previas, braquimetatarsia asociado con pie neurológico, sindrómico o colagenopatías y contracturas en flexión o extensión del metatarsiano acortado. Para la evaluación funcional se utilizó el cuestionario MOXFQ (*The Manchester Oxford Foot Questionnaire*),⁸ así como para la evaluación radiográfica se tomaron en cuenta los milímetros alargados, el tiempo de consolidación en cada metatarsiano afectado, sin obviar las complicaciones obtenidas.

Técnica quirúrgica. Para todos los pacientes, la técnica quirúrgica utilizada se lleva a cabo bajo los principios de Ilizarov,⁹ como se describe a continuación.

Posterior a efectos de anestesia, isquemia y antisepsia. Se inició la colocación de clavos de Schanz de forma oblicua, dos en metáfisis proximal y otros dos en la metáfisis distal del metatarsiano; se verificó el paralelismo de éstos para evitar deformidades a la elongación bajo control fluoroscópico, posteriormente, se colocó el cuerpo del minifijador externo monopolar-unilateral con adaptación de los cabezales y se ajustó. Se elaboró una osteotomía a nivel diafisario del metatarsiano a través de una incisión longitudinal dorsal, se disecó por planos, se desperiostizó el sitio de la osteotomía y se llevó a cabo la corticotomía circunferencial con uso de broca 2.0 y osteótomo plano fino. Se cerró por planos y se tomaron controles radiográficos para verificar la adecuada posición del fijador externo. Se retiró isquemia y se evaluó el adecuado llenado capilar.

Cinco días después se inició, bajo el principio básico de alargamiento óseo, la osteogénesis por distracción progresiva con un ritmo de 0.25 mm cada 8 horas hasta llegar a la meta propuesta para cada paciente; así mismo, el apoyo fue diferido seis semanas, después se indicó carga total de la extremidad con uso de zapato de marcha.

El análisis estadístico se hizo a través de medidas de tendencia central y t de Student (SPSS 23.0).

RESULTADOS

Fueron incluidos 14 pacientes, 23 metatarsianos afectados; 1 hombre (8%) y 13 mujeres (92%). El promedio de edad

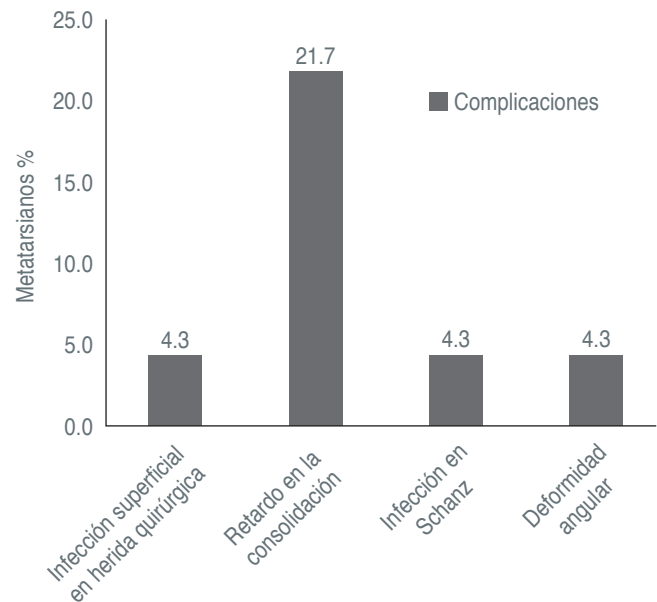


Figura 1: Representación gráfica de las complicaciones en ocho metatarsianos: infección superficial en herida quirúrgica: 1, deformidad angular: 1, infección de entrada de tornillos Schanz: 1 y retardo en la consolidación: 5. Sin antecedentes de compromiso neurovascular. Con un porcentaje de complicaciones de 34%.

fue de 14 años (rango: 10-18 años). La lateralidad de los pacientes fue la siguiente: ocho (69%) pacientes con afectación de ambos pies, cinco (22%) pacientes con afectación de pie derecho y dos (9%) pies con afectación izquierda. El cuarto metatarsiano fue más afectado (13 [56%]) en comparación con el tercero (10 [43%]).

Para evaluar la efectividad funcional del tratamiento se utilizó el cuestionario MOXFQ, los resultados se muestran en la *Tabla 1*.

Cabe mencionar que los resultados funcionales fueron favorables posterior al tratamiento; con un porcentaje de mejoría mayor en la sección de «Problemas de interacción social» con 79%, seguido de la sección de «Dificultad para la marcha y mantenerse de pie» con 69% y, finalmente, «Presencia de dolor en el pie» con 57% de mejoría.

La evaluación radiográfica mostró los resultados que se observan en la *Tabla 2*.

La tasa de crecimiento obtenida en esta serie fue de 40%, con un promedio de consolidación a 16 semanas.

Por otro lado, no se observaron complicaciones inmediatas ni mediatas; sin embargo, se presentaron complicaciones tardías (*Figura 1*).

Uno de los casos clínico-radiográficos representativo de esta serie estudiada fue el de una mujer de 13 años de edad con braquimetatarsia congénita de pie derecho, quien presentó dolor leve al uso de calzado en el dorso y región ungueal del cuarto metatarsiano, negada a usar

zapato abierto por insatisfacción estética, la cual fue evaluada para realizar osteotomía de alargamiento con una meta radiográfica de 23 mm para llegar a la congruencia del arco metatarsal. La evaluación clínica tardía posterior al tratamiento quirúrgico fue favorable en las tres secciones. Radiográficamente, el metatarsiano alcanzó la parábola metatarsal con ligera deformidad angular (Figura 2).

DISCUSIÓN

La braquimetatarsia congénita es una patología que se presenta con mayor frecuencia en mujeres y su incidencia es baja; a pesar de ello, ocasiona gran repercusión estética, así como alteraciones en el uso del calzado y ocasionalmente dolor. Todo esto conlleva a una inconformidad y dificultad en la interacción social, como se ha presentado a lo largo de este trabajo.

El tratamiento quirúrgico empleado desde siempre ha sido el alargamiento de los metatarsianos; no obstante, a pesar de lo simple que esto podría parecer, este procedimiento constituye un reto para todos los cirujanos. En este trabajo expusimos los resultados obtenidos con la técnica de alargamiento progresivo del metatarsiano.

Las complicaciones de esta técnica están descritas en la literatura, dentro de las que se incluyen las luxaciones o subluxaciones de la articulación metatarsal-falángica, artritis, retraso en la consolidación, pseudoartrosis, fractura en la zona del alargamiento, rigidez articular, infección en el sitio de inserción de los clavos de Schanz, infección en el sitio de herida quirúrgica, entre otras menores.

Diversos estudios señalan resultados favorables bajo técnicas de corrección en agudo o progresiva para la braquimetatarsia; sin embargo, para los criterios de inclusión tomados para nuestro estudio, existen pocos reportes que describen su evidencia cuantitativa. Tal es el caso de Cortés Rodríguez,⁴ quien describió una serie de casos de 10 a 18 años, utilizando la satisfacción verbal como elemento de evaluación para el tratamiento por medio de elongación ósea en pacientes con braquimetatarsia; así también utilizaron de 12 a 16 semanas el uso del fijador externo, en contraste con nuestro estudio, que se va a un promedio de 16 semanas, pero con un máximo de 24 semanas; en tanto su máximo de alargamiento fue de 36 mm en comparación con nuestro estudio, que fue de 40 mm. Su estudio presentó 25% de complicaciones en una muestra

de 14 pacientes, en contraste con el nuestro (34%) de 23 pacientes.

Para 2010, Guizar Cuevas¹⁰ describió un trabajo observacional donde incluyó 10 casos, con edades entre ocho y 15 años. Reporta también un promedio menor de alargamiento con respecto a nuestro trabajo. Sus complicaciones reportadas fueron menores en comparación con nuestra muestra.

García Paños,⁶ en 2016, reporta el alargamiento de nueve metatarsianos, incluyendo pies sindrómicos y procedimientos para la corrección de *hallux valgus*, en contraste con nuestro trabajo donde se incluyeron 23 metatarsianos, excluyendo patologías adquiridas; la técnica quirúrgica utilizada por García Paños fue una osteotomía percutánea, capsulotomía dorsal y tenotomía del extensor, en contraste con este trabajo, ya que en todos nuestros pacientes la osteotomía de alargamiento fue abierta y a ninguno se le realizó tenotomía del extensor. El ritmo de alargamiento de García Paños fue de 0.5 mm/día, nuestro ritmo de elongación fue de 0.75 mm/día. No obstante, la escala funcional que utilizaron los autores fue la escala de AOFAS, reportando un resultado promedio 90.5, a diferencia de nuestro estudio, en el cual aplicamos la clasificación MOXFQ, obteniendo mejoría en las tres secciones evaluadas de la clasificación, puntualizando una mayor mejoría en la sección de interacción social (79%), seguida de la mejora de la marcha (69%) y mejoría del dolor (57%). En cuanto a las complicaciones, los autores encontraron rigidez articular en tres pacientes, seguido de un paciente con infección, una fractura y un retardo de consolidación; mientras que, en nuestro estudio, la complicación más frecuente fue el retardo de consolidación en cinco casos, seguido de infección, deformidad angular y un aflojamiento de pines, con un porcentaje de complicaciones de 34% ya mencionado.

En 2015, Montero Quijano³ publica un estudio comparativo de siete pacientes de ocho a 15 años y ocho pacientes de 13 a 18 años bajo tratamiento de alargamiento óseo para metatarsianos cortos, utilizando los fijadores externos al tener consolidación a las 12 semanas, en comparación con nuestro trabajo, que fue en promedio de 16 semanas. Montero Quijano obtuvo mejores resultados observacionales en el grupo de ocho a 15 años; en contraste con nuestro trabajo, donde fueron incluidos pacientes de 10 a 18 años con resultados funcionales estadísticamente significativos. Hilados a este

Tabla 2: Comparación de la longitud del metatarsiano posterior a la elongación ósea.

Longitud del metatarsiano (mm)		Tasa de crecimiento	p	Tiempo de consolidación
Inicial	Final			
25 (rango 20-30)	35 (rango 30-40)	40%	0.05	16 semanas (rangos: 8-24)

Información obtenida del archivo radiográfico del Hospital Shriners para Niños, México.

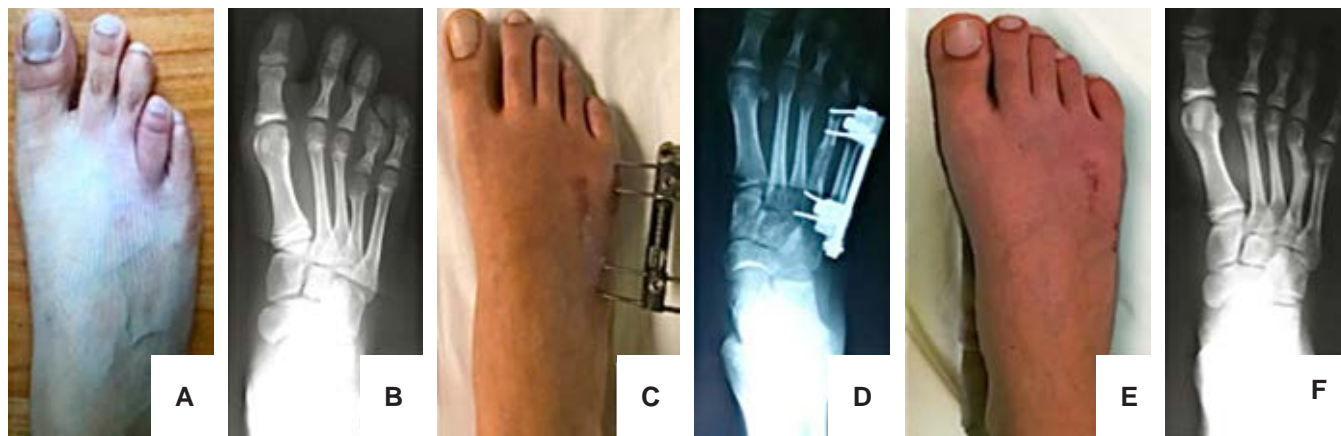


Figura 2: Pie derecho: **A)** Acortamiento clínico del cuarto metatarsiano. **B)** Incongruencia de la parábola de Lelièvre con acortamiento radiográfico del cuarto metatarsiano. **C)** Evidencia clínica del pie derecho 30 días después de haber iniciado el alargamiento óseo. **D)** Congruencia radiográfica de la parábola de Lelièvre con un alargamiento de 23 mm del cuarto metatarsiano. **E-F)** Fotografía clínica y radiográfica 5 años posterior al tratamiento quirúrgico. Imágenes obtenidas del archivo fotográfico y radiográfico del Hospital Shriners para Niños, México.

último grupo de pacientes, en el mismo año (2015) Amgad M. Haleem y su equipo² reportaron una muestra mayor de metatarsianos en comparación con la nuestra (44 vs 23, respectivamente); sin embargo, con una edad promedio de 37 años. Así también Fuiano M. y su grupo¹¹ estudiaron 13 pies de 19 a 36 años, a diferencia de nuestro trabajo, donde el rango de estudio fue de 10 a 18 años. Sabiéndose esto, la diferencia etiológica cambia el resultado final por la remodelación ósea y mayor adaptación social.

Kim HT,¹² en 2003, empleó osteotomías de acortamiento adyacentes, en conjunto con el alargamiento del metatarsiano corto para alcanzar la congruencia de la parábola metatarsal y en consecuencia disminuir complicaciones ante metas de alargamiento altas (40%). En tanto, nuestro trabajo mostró una tasa de crecimiento promedio de 40%, sin necesidad de utilizar el método descrito por Kim HT. Jones,¹³ en 2015, refirió que a mayor meta de alargamiento, mayor posibilidad de complicaciones; sin embargo, las complicaciones encontradas en nuestro trabajo no requirieron segundos tratamientos, únicamente tratamiento antibiótico a las infecciones presentadas.

En los últimos años se han descrito técnicas quirúrgicas para la disminución de la incidencia de complicaciones,^{14,15} lo cual puede ser el paso siguiente para ampliar nuestra investigación.

CONCLUSIONES

El tratamiento de la braquimetatarsia debe cumplir tanto las expectativas funcionales (mejorar el dolor, congruencia de la parábola metatarsal, función del pie aceptable) como psicosociales (mejorar las alteraciones estéticas e incorporación social).

Este estudio representa uno de los mayores seguimientos de pacientes con braquimetatarsia congénita tratados con osteotomías de alargamiento progresivo. El tratamiento en este grupo produjo mejora en los resultados funcionales y radiográficos postoperatorios, con respecto al preoperatorio (MOXFQ) con resultados estadísticamente significativos con tasa de complicaciones menores.

En tanto, esta técnica quirúrgica continúa siendo una opción terapéutica para la braquimetatarsia.

REFERENCIAS

1. Rincón CF, Guzmán VR, Padilla RLC, Rincón CPA. Braquimetatarsia: revisión de la literatura a propósito de dos casos. Informe de casos. *Rev Univ Ind Santander Salud*. 2015; 47(3): 361-366. doi: 10.18273/revsal.v47n3-2015009.
2. Haleem A, Balagadde A, Borst E, Do H, Fragomen A, Rozbruch SR. Distraction osteogenesis for brachymetatarsia: Clinical results and implications on the metatarsophalangeal joint. *J Limb Lengthening Reconstr*. 2015; 1(1): 29-37. doi: 10.4103/2455-3719.168746.
3. Montero-Quijano M, Mora-Ríos FG, Mejía-Rohenes C, López-Marmolejo A, Tamayo-Pacho F, Antonio-Romero CE. Estudio comparativo de manejo de braquimetatarsia congénita mediante elongación por callotaxis. *Acta Ortop Mex [Internet]*. 2015; 29(2): 77-81. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/ortope/or-2015/or152c.pdf>
4. Cortés-Rodríguez R, Romano-Juárez A, Castañeda-Pichardo G, Tercero-Quintanilla G. Tratamiento quirúrgico de pacientes con braquimetatarsia mediante elongación ósea con minifijador externo «RC-4». *Arch Inv Mat Inf*. 2009; 1(2): 75-78.
5. Kapandji AI. *Capítulo 5. La bóveda plantar*. En: Kapandji AI. Fisiología articular. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2010. pp. 232-260.
6. García Paños JP, Salcedo Cánovas C, López Martínez JJ, Carrillo Piñero FJ, Martínez Ros J. Tratamiento de la braquimetatarsia mediante osteogénesis a distracción. *Revista del Pie y Tobillo*. 2016; 30(1): 13-20. doi: 10.1016/j.rptob.2016.04.002.

7. Choi IH, Chung MS, Baek GH, Cho TJ, Chung CY. Metatarsal lengthening in congenital brachymetatarsia: one-stage lengthening versus lengthening by callotaxis. *J Pediatr Orthop*. 1999; 19(5): 660-664. doi: 10.1097/00004694-199909000-00021.
8. Morley D, Jenkinson C, Doll H, Lavis G, Sharp R, Cooke P et al. The Manchester-Oxford Foot Questionnaire (MOXFQ): development and validation of a summary index score. *Bone Joint Res*. 2013; 2(4): 66-69. doi: 10.1302/2046-3758.24.2000147.
9. Wagner P. Alargamiento de extremidades: actualización y revisión del tema. *Rev Chil Ortop y Traumatol*. 2015; 56(2): 18-25. doi: 10.1016/j.rchot.2015.09.005.
10. Guizar-Cuevas S, Mora-Ríos FG, Mejía-Rohenes LC, López-Marmolejo A, Cortés-Gómez J. Elongación por callotaxis en braquimetatarsia congénita. *Acta Ortop Mex*. 2010; 24(6): 395-399.
11. Fuiano M, Mosca M, Caravelli S, Di Liddo M, Grassi A, Majumdar A et al. Callus distraction with external fixator for the treatment of congenital brachymetatarsia of the fourth ray. *Foot Ankle Surg*. 2020; 26(6): 693-698. doi: 10.1016/j.fas.2019.08.018.
12. Kim HT, Lee SH, Yoo CI, Kang JH, Suh JT. The management of brachymetatarsia. *J Bone Joint Surg Br*. 2003; 85(5): 683-690.
13. Jones MD, Pinegar DM, Rincker SA. Callus distraction versus single-stage lengthening with bone graft for treatment of brachymetatarsia: a systematic review. *J Foot Ankle Surg*. 2015; 54(5): 927-931. doi: 10.1053/j.jfas.2015.02.013.
14. Kumar P, Pillai A, Bate JA, Henry J. Distraction osteogenesis for brachymetatarsia using initial circular fixator and early trans-fixation metatarsal K-wires-a series of three cases†. *J Surg Case Rep*. 2018; 2018(10): rjy269. doi: 10.1093/jscr/rjy269.
15. Barbier D, Neretin A, Journeau P, Popkov D. Gradual metatarsal lengthening by external fixation: a new classification of complications and a stable technique to minimize severe complications. *Foot Ankle Int*. 2015; 36(11): 1369-1377. doi: 10.1177/1071100715593373.