

Evaluación radiométrica del pie

Héctor Eduardo Montoya Terrón*

INTRODUCCIÓN

El esqueleto del pie, conformado por 28 huesos armoniosamente dispuestos, representa una compleja estructura arquitectónica capaz de soportar la carga del peso del cuerpo humano en bipedestación y dinámicamente permite una locomoción, gracias a su diseño arquitectónico único.

Tan peculiar estructura representa a su vez un reto cuando hablamos de su tratamiento, puesto que hemos de intentar la restitución no sólo de su integridad estructural, sino de manera relevante de su capacidad funcional estática y dinámica, con el propósito de reproducir una normalidad perdida.

Partiendo de esta base, es claro que el estudio integral de la patología del pie debe orientarse a obtener un diagnóstico preciso de la afección que enfrentamos, teniendo presente que buscamos incluir en nuestros elementos de juicio las alteraciones funcionales infringidas a su mecánica. Pero además, nuestra revisión debe proporcionarnos los elementos para la toma de decisiones en cuanto a técnicas de tratamiento y a la consecución de nuestro objetivo.

Por ello, hemos de auxiliar nuestro estudio con recursos de gabinete complementarios a la clínica; en este caso, el examen radiográfico subsiste como un valioso recurso en la revisión de esta estructura anatómica, proveyendo una visión directa de los elementos óseos a través de la imagen en proyecciones estándar y proyecciones especiales en las que se debe determinar en forma indirecta su comportamiento dinámico a través de la medición de líneas y ángulos que expresan la relación que guardan estas estructuras ante determinada situación.

Objetivos:

- a) Compartir con el lector la experiencia en el empleo sistemático de las principales mediciones radiográficas del pie como herramienta fundamental en la valoración clínica y planificación terapéutica en las patologías de la región.
- b) Resaltar los parámetros radiométricos más comunes y de mayor utilidad en la valoración roentgenográfica del pie.

* Médico adscrito al Módulo de Miembro Pélvico IA (pierna, tobillo y pie) de la UMAE. Hospital de Traumatología y Ortopedia "Lomas Verdes" del IMSS.

Dirección para correspondencia:
Héctor Eduardo Montoya Terrón
Oriente 172 Núm. 146, Col. Moctezuma 2^a Secc. México D.F. 15530
Correo electrónico: basilim02@hotmail.com

PRINCIPALES PROYECCIONES RADIOGRÁFICAS

El estudio radiológico del pie debe ser siempre complementario a la clínica y jamás soslayarla. Debe tenerse siempre presente el potencial de imprecisión de la valoración de tales elementos diagnósticos en atención a variables tales como: un adecuado posicionamiento del enfermo en relación al chasis, la distancia o la inclinación del tubo de rayos X, la programación del voltaje empleado o alguna inconsistencia en la evaluación de las imágenes o los instrumentos usados para la medición.^{1,2,4,7}

Comencemos por las proyecciones estándar. Todo examen integral del pie debe incluir las incidencias básicas *dorsoplantar* y *lateral* complementadas con una proyección oblicua interna o externa, según sea el caso. Las dos primeras pueden ser tomadas en decúbito y sin carga. Sin embargo, sólo exhibirán la estructura anatómica de la región, sus variantes y alteraciones morfológicas, ya que al no soportar carga no se puede evaluar el comportamiento dinámico de los componentes del pie, por lo que resulta conveniente solicitar también estas proyecciones con el paciente de pie (o sea con carga) para obtener datos sobre la contribución muscular y capsuloligamentaria de la estabilidad del pie. Por ejemplo, sin peso o carga, se pueden obviar los cambios que ocurren en pacientes con pie plano valgo flexible, con artritis reumatoidea, insuficiencia del tibial posterior, lesión oculta de Lisfranc, etcétera. Por ello, las proyecciones estándar deben ser idealmente solicitadas en forma comparativa de ambos pies y con carga total en bipedestación, siempre que las condiciones del sujeto en evaluación lo permitan. Esto nos brindará una base para el estudio funcional del pie, dándonos también oportunidad de obtener información sobre su biomecánica mediante el trazado de líneas y ángulos que nos permiten detectar cambios con respecto a trazos estándar o normales.^{3,7,10}

Además, existen proyecciones auxiliares que nos permiten precisar el diagnóstico y enfocar nuestro tratamiento, como son: en primer término, las *proyecciones axiales para los sesamoideos*, para las que diversos autores han propuesto sendos números de técnicas; finalmente, el objetivo es exhibir los aspectos estructurales del antepié de forma directa, lo cual no es posible apreciar en las proyecciones estándar, asimismo, en estas proyecciones es posible evaluar el comportamiento biomecánico del arco transverso. De este modo puede usarse la técnica descrita por Holly en la que el sujeto se coloca en posición sedente, el pie en dorsiflexión y una banda tracciona los dedos en sentido proximal, la desventaja reside en que esta técnica se efectúa sin carga. O bien podemos recurrir a proyecciones con apoyo, ya sea con la técnica de Roig-Puerta descrita por Maiotti o a la de Walter Müller. Si se tiene duda de lo que se observa en la radiografía lateral puede complementarse el estudio con una proyección lateral para sesamoideos descrita por Cautson.²

Otras proyecciones especiales que merecen ser consideradas son: *axial para calcáneo* que permite su visualización desde la tuberosidad hasta el sustentáculo; la *proyección de Canale* que facilita la observación de fracturas del cuello astragalino; la *proyección de Broden* (proyecciones I y II) que permite evaluar

ampliamente la articulación subastragalina, para la cual existen también otros métodos que son menos conocidos como el de Palmer e Isherwood, por mencionar algunos.

No omitiremos comentar, aunque fuera del objeto central de esta exposición, la utilidad de recursos tecnológicamente más sofisticados como la tomografía computarizada o la resonancia magnética nuclear.^{2,3,6,10,12}

RADIOMETRÍA DEL PIE

Para una adecuada medición de los parámetros que orientan en las relaciones estructurales y biomecánicas del pie, haremos la recomendación sobre los ángulos más frecuentemente utilizados en la práctica cotidiana, sin pretender soslayar la importancia de muchos otros de similar utilidad, tratando de describir los más sobresalientes por su aceptación y aplicación en la práctica diaria, tanto para el diagnóstico de los padecimientos y lesiones más frecuentes del pie, como para la evaluación de su tratamiento.

El **Ángulo de divergencia astrágalo calcáneo**, que en la proyección dorso-plantar se forma por la convergencia de los ejes longitudinales del astrágalo y el calcáneo, es decir, las que pasan por el centro de cada uno de estos huesos, cuyo valor normal es de 15 a 20°. En la proyección lateral también se puede determinar la orientación de estos dos huesos a través de dos líneas que pasan por el centro de ambos huesos y convergen distalmente, siendo su valor normal de 20 a 35°.^{2,6} Su utilidad radica en la evaluación de patologías traumáticas y ortopédicas que involucran, por lo regular a la articulación subastragalina.

Ángulo de Böhler. Se obtiene trazando una línea tangencial a la superficie articular subastragalina del calcáneo, tomando en cuenta los puntos más prominentes de las facetas anterior y posterior. Otra línea, igualmente tangencial, se traza de la faceta posterior a la tuberosidad mayor, obteniendo la intersección de ambas y formando un ángulo cuyo valor normal se considera de 28 a 40°; el cual es de gran utilidad en la evaluación de las fracturas de calcáneo (*Figura 1*).^{2,3,7,9,10}

Ángulo de Gissane. Este ángulo está en relación con la morfología del calcáneo que depende de su distribución trabecular y que conforma una gruesa columna cortical que se extiende desde la parte anterior del hueso hasta el borde posterior de la faceta subastragalina posterior. Se denomina ángulo crucial, descrito por Gissane en 1947 y su valor normal exhibe un amplio rango de entre 120 y 145° con promedio de 130°. Es de sumo valor en la evaluación de las lesiones traumáticas del calcáneo con involucro articular (*Figuras 2a y 2b*).⁹

Ángulo de Costa-Bartani. En realidad se definen dos ángulos: uno interno y otro externo, cuya finalidad



Figura 1. Ángulo de Böhler.

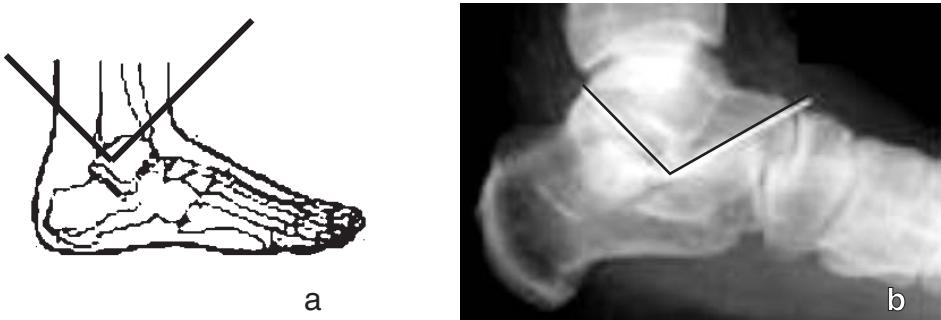


Figura 2. Ángulo de Gissane.

es determinar la configuración de la bóveda plantar a través de la altura de los arcos interno y externo. El primero se obtiene trazando una línea que se dirige del polo inferior del sesamoideo interno al punto más bajo de la cabeza del astrágalo, de este mismo punto se traza otra línea hasta el punto más bajo de la tuberosidad posterior del calcáneo, debiendo quedar una divergencia entre ambas líneas de 145° (*Figura 3*).^{2,3,5,9}

Ángulo de apertura del pie. Trazando una línea que siga los ejes diafisarios del primero y el quinto metatarsianos se obtiene la formación de un ángulo con rango normal 20 a 28° grados² llamado la anchura o la apertura del pie (*Figura 4*), el cual es de utilidad cuando se asume una patología deformante del retropié que modifica las columnas medial y lateral con alteraciones en la distribución de las cargas.

Es muy importante la revisión minuciosa de las relaciones que guardan las estructuras del antepié para no obviar detalles que en conjunto constituyen el fenómeno patológico en estudio. Siendo escrupulosos en este análisis se pueden evitar errores de apreciación que orienten equivocadamente el diagnóstico y por lo tanto el tratamiento.

Ángulo metatarso falángico: Este ángulo se mide en proyección dorso-plantar y está formado por la línea de biseción longitudinal de la diáfisis de la falange proximal del primer dedo y la correspondiente del primer metatarsiano. Sus valores normales van de 0 a 15° . Su utilidad es evidente en la evaluación de la deformidad del *hallux* debido a que no basta con visualizar una alteración morfológica, sino que cifras mayores a lo normal pueden arrojar datos indirec-

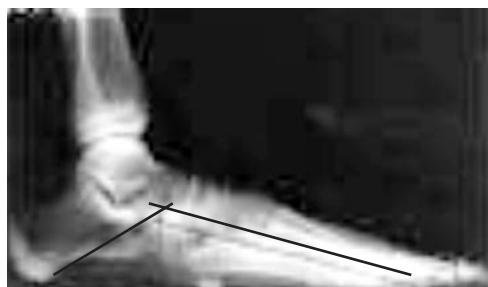


Figura 3. Ángulo de Costa Bartani.

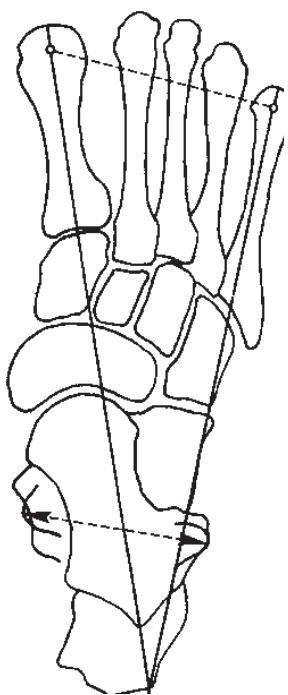


Figura 4. Ángulo de apertura.

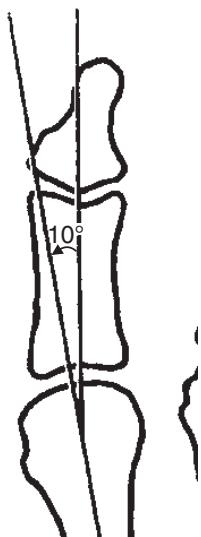


Figura 5. Ángulo metatarso falángico.

tos de los componentes de la patología en curso, de modo que se puede determinar si se debe realizar o no algún procedimiento de corrección adicional dentro de la técnica quirúrgica a desarrollar y cuál será éste (*Figura 5*).^{8,9,11,12}

Ángulo intermetatarsal: Se determina por la relación angular entre la biseción de los ejes longitudinales diafisarios del primer y segundo metatarsiano, su valor normal debe ser de 90 o menos. Con ello es posible obtener datos importantes en cuanto a los componentes de la enfermedad del hallux, arrojando evidencia de la progresión del daño sobre las estructuras del complejo capsuloligamentario medial que han perdido su capacidad de contención, permitiendo un desplazamiento interno del extremo distal del metatarsiano ante el esfuerzo impuesto por las fuerzas extrínsecas deformantes. Esto es claro cuando agrupamos la deformidad en diferentes grados, considerando que es leve cuando el ángulo es menor a 15°, moderado cuando oscila entre 15 y 20° y severo cuando es mayor a los 20°.^{3,6,11,13} Esta clasificación nos permite decidir si la corrección del problema debe implicar una osteotomía proximal del primer metatarsiano (*Figura 6*).

Ángulo de complejo articular proximal: Denominado también PASA (Proximal Articular Set Angle) es tan valioso como el antes descrito y a veces complementario para determinar el tratamiento a seguir. Para trazarlo se dibuja una línea recta que une los extremos medial y lateral de la superficie articular de la cabeza del primer metatarsiano (*Figura 7*) y se traza una perpendicular que parte del centro de ésta hacia la parte proximal del pie, de igual forma se traza la bisectriz longitudinal del primer metatarsiano; así, el ángulo que forman estas dos líneas debe tener un valor normal de 0 a 8°. Con las medidas de este ángulo se valora la necesidad de realizar algún procedimiento a nivel proximal. Existe la recomendación de que cuando el ángulo no rebasa los 8°^{10,11} basta un procedimiento de corrección distal, cuando entra en el rango de 8 a 15° se sugiere considerar una osteotomía biplanar y cuando excede los 15° es recomendable planificar una osteotomía proximal.

Otra alternativa de la misma utilidad, es el ángulo distal metatarsal, el cual ofrece la variante de trazar la perpendicular con respecto a la bisectriz del eje diafisario, justo en el vértice que constituye la línea articular y esta misma bisectriz y cuyo valor normal es en promedio de 8°.

Ángulo articular de la base de la falange: Es la relación entre el cartílago articular de la base de la falange proximal, el eje de la misma se determina trazando una línea que une los límites medial y lateral de la superficie articular de la base de la falange y el ángulo que forma su perpendicular con la bisectriz longitudinal de la diáclisis de la falange. Los valores normales son de 0 a 6° grados (*Figura 8*).¹¹ Valores por encima de éste, determinan la conveniencia de involucrar a la falange en el procedimiento mediante osteotomía como la de Akin, por ejemplo permite complementar la corrección del eje del primer radio.

Fórmula metatarsal. Es la relación existente entre la longitud del primer metatarsiano con el resto de ellos, existen tres variedades básicas de la fórmula: A. *Index plus*: En la que el primer metatarsiano es mayor en longitud que el segundo y éste que el tercero y así sucesivamente. B. *Index plus minus*: El primer metatarsiano es igual al segundo y el tamaño de los tres restantes C. *Index minus*: En el que el primer metatarsiano es más corto que el segundo (*Figura 9*).¹³



Figura 6. Ángulo intermetatarsal.



Figura 7. Ángulo del complejo articular proximal (PASA).

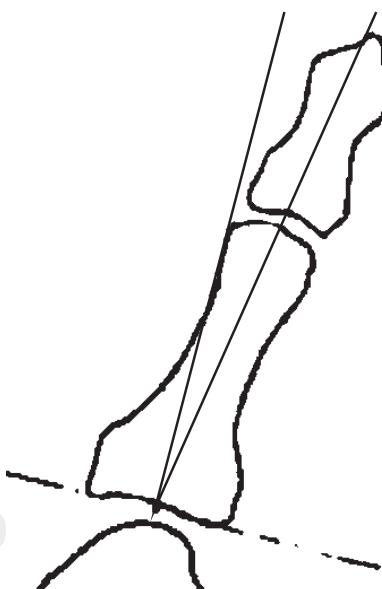


Figura 8. Ángulo articular de la base de la falange.

Parábola de Lelievre: Basado en estudios de Sant y Mestres, Lelievre afirma que de los tres tipos de fórmula metatarsiana el ideal es el *index plus minus* o el *index plus*, esencial para la estética y biomecánica del pie. Estas dos fórmulas constituyen un segmento de círculo o una parábola formada por la alineación de la cabeza de los metatarsianos (*Figura 9*).

Fórmula metatarsal (diferencia de longitud metatarsal). Nos ofrece una idea para valorar la longitud del primero con respecto al segundo metatarsiano. Se determina prolongando las bisectrices longitudinales del primero con el segundo metatarsianos hasta su punto de inserción, en él se coloca un compás y se trazan dos arcos con radios que coincidan con el punto más distal de las carillas articulares de los metatarsianos primero y segundo, la distancia entre estos dos arcos es la denominada: Diferencia de longitud metatarsal, sus valores normales son de alrededor de dos milímetros (*Figura 10*). Su consideración es importante, pues permite asumir cuál será el resultado biomecánico de un procedimiento de corrección dado, ya que cualquier procedimiento que conlleve a un acortamiento del primer metatarsiano y si éste es ya de por sí corto, necesariamente condicionará secuela por el metatarso breve que se derive con la queja posterior de alteraciones funcionales, como la metatarsalgia por transferencia que se genera como consecuencia.

Ángulo de Meschan. Está formado por una línea que es tangente a la cabeza del primero y segundo metatarsianos, cuando ambos están alineados (*index plus minus*) con otra línea tangente a la cabeza del resto de los metatarsianos (*Figura 11*). Su valor normal es de 140 a 145 grados.² Este ángulo aumenta cuando la fórmula metatarsal corresponde al *index plus* y disminuye en *index minus*. Refuerza el método anterior de medición y su utilidad estriba en la determinación de la fórmula metatarsal como elemento valioso en la planeación preoperatoria.

Determinación de Calderón para calcular el porcentaje de acortamiento de un metatarsiano. Consiste en trazar el eje diafisario del segundo metatarsiano, enseguida se trazan sendas perpendiculares a dicho eje tangenciales a las cabezas de los metatarsianos adyacentes al metatarsiano acortado. La distancia media entre estas dos líneas corresponde al tamaño real del metatarsiano acortado.

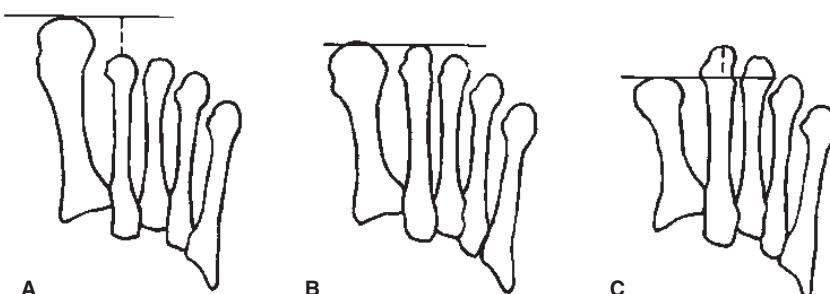


Figura 9. Fórmula metatarsal.

A continuación se mide la longitud del metatarsiano acortado y la distancia desde el borde articular de la cabeza del mismo, hasta el punto medio de las líneas metatarsianas adyacentes. El porcentaje de acortamiento se obtiene mediante una regla de tres simple:

$$Ya \ y \ 1 = 100$$

$$Xa \times 1 = \text{porcentaje de acortamiento}$$

CONCLUSIONES

Todas las mediciones clínicas deben contener dos propiedades inherentes, de modo que al ser determinadas demuestren certeza y posean un valor universal para que sirvan como referencia clínica. Tales propiedades son generalmente descritas como validez en la medición y capacidad de ser reproducidas.⁴ En efecto, debemos considerar siempre un margen de modificación de los resultados de las mediciones, tomando en cuenta diversos factores o variables que intervienen en el momento de su realización, tales como la calidad del estudio radiográfico, precisión de los instrumentos de medición, eficiente trazado de líneas y precisión en los puntos de referencia. Así, teniendo en cuenta todos los posibles factores que influyen en la evaluación, es recomendable correlacionar los datos obtenidos con un examen clínico minucioso que oriente el análisis del problema con elementos realmente objetivos que sirvan como apoyo para la toma de decisiones. Finalmente, encontraremos en esto un valioso arsenal de datos que nos conducirán a una práctica clínico-terapéutica con bases científicas, y por lo tanto más eficiente en beneficio del enfermo aquejado por enfermedades del pie.

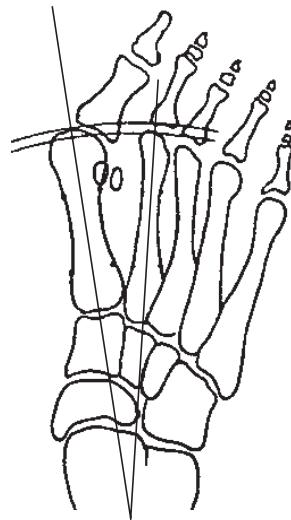


Figura 10. Diferencia de longitud metatarsal.

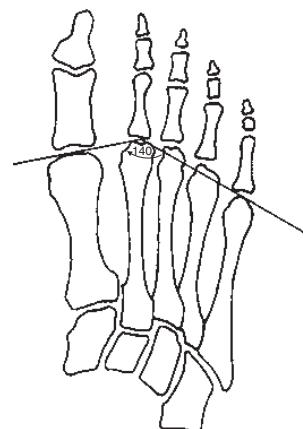


Figura 11. Ángulo de Meschan.

BIBLIOGRAFÍA

1. Berquist TM. *Radiología de pie y tobillo*. 2^a. ed.: Marban, 2002: 49-64.
2. Campos PP. Diagnóstico de imagen. En: Núñez-Samper M, Llanos ALF. *Biomecánica, medicina y cirugía del pie*. Barcelona: Masson, 1997: 108-115.
3. Canale F, Campbell. *Cirugía Ortopédica*. 10^a ed. Vol. IV: Elsevier, 2003: 3915-3918.
4. Evans AM, Sharfbillig R, Scutter S. The validity of clinical podiatric foot measures-sonographic and radiological research. *Australasian Journal of Podiatric Medicine* 2004; 3(1): 7-11.
5. Herbsthofer B, Eckardt A, Rompe JD, Kühn K. Significance of radiographic angle measurements in evaluation of congenital club foot. *Arch Orthop Trauma Surg* 1998; 117(6-7): 324-329.

6. Kelikian AS. Imágenes de pie y tobillo. En: *Tratamiento quirúrgico de pie y tobillo*. McGraw-Hill Interamericana México. 2001: 11-31.
7. Lelievre J, Lelievre JF. *Patología del pie*. 4a ed.: Toray-Massen; 1982: 7-27.
8. Maier M, Feirenhaft A, Pellengahr C, Zysk S, Schulz U. *Significance of the resection-interposition arthroplasty according to Keller-Brandes for therapy of hallux valgus*. 2004; 2(2): 91-95.
9. Mann RA. Examen radiográfico del pie normal. En: *Cirugía del pie*. Buenos Aires: Panamericana, 1986: 72-88.
10. Marks RM. Radiographic evaluation of the foot and ankle. En: Myerson MS. *Foot and ankle disorders*. Philadelphia Vol. One: W.B. Saunders Company, 2000: 83-121.
11. Meir N. Principles of First Metatarsal Osteotomies. En: Sammarco GJ (Guest Ed). *Foot and ankle clinics*. 2001; 6(3): 399-408.
12. Rosniew D. *Bone and joint imagining*. 2nd ed.: W.B. Saunders, 1996: 34-41.
13. Viladot A. *Patología del antepié*. 3^a ed.: Ediciones Toray S.A., 1984: 1-10/38-40.

